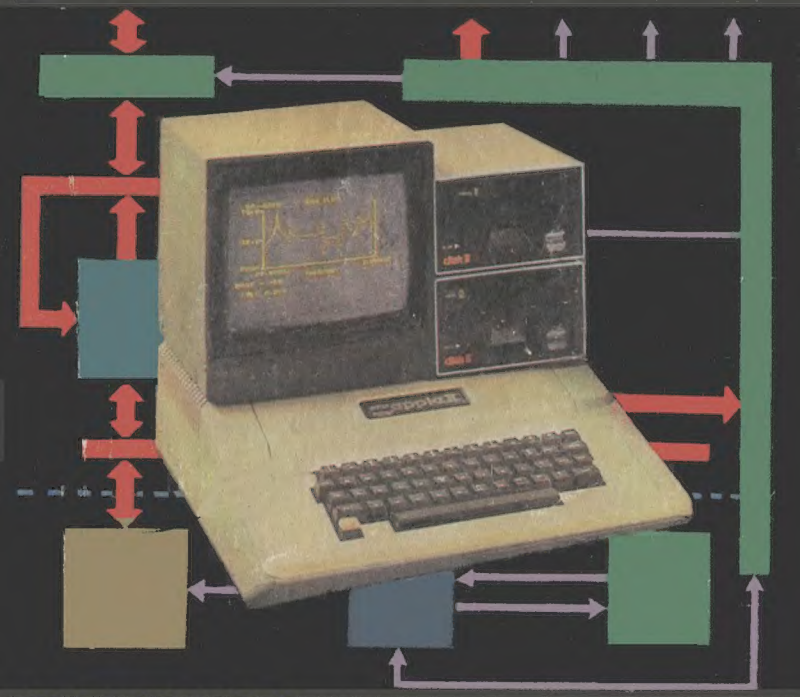
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ

ПОДПИСНАЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ 1988/1

А.П. Частиков

ОТ КАЛЬКУЛЯТОРА ДО СУПЕР-ЭВМ



ЗНАНИЕ НОВОЕ В ЖИЗНИ, НАУКЕ, ТЕХНИКЕ

НОВОЕ В ЖИЗНИ, НАУКЕ, ТЕХНИКЕ

ПОДПИСНАЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Издается ежемесячно с 1988 г.

1/1988

А.П. Частиков

ОТ КАЛЬКУЛЯТОРА ДО СУПЕР-ЭВМ

История компьютера

Издательство «Знание» Москва 1988

ББК 32.97
Ч 24

Автор: ЧАСТИКОВ Аркадий Петрович — кандидат технических наук, доцент, специализируется в области информатики и вычислительной техники. Научные интересы автора: история, современное состояние и закономерности развития вычислительной техники. Имеет около 80 опубликованных работ, среди них научно-популярные, отмеченные поощрительными дипломами.

Рецензент: Ларионов А. М., доктор технических наук, профессор.

© Издательство «Знание», 1988 г.

Эта публикация открывает новую научно-популярную подписную серию издательства «Знание» «Вычислительная техника и ее применение».

Серия имеет своей целью освещать современное состояние и перспективы развития вычислительной техники, рассказывать о лучшем отечественном и зарубежном опыте разработок современных ЭВМ и сферах их применения. Выпуски серии помогут читателям ориентироваться в огромном потоке информации по данной тематике и в конечном итоге будут способствовать повышению компьютерной грамотности читателей.

Авторами брошюр издательство будет привлекать ученых, ведущих специалистов — разработчиков различных средств вычислительной техники, инженеров.

В НОМЕРЕ:

Проблемы известны
Планы разработаны
Силы распределены
Н. В. Горшков 4

Величайшее изобретение века
А. П. Частиков 9

Редактор Б. М. ВАСИЛЬЕВ

Проблемы известны
Планы разработаны
Силы распределены

В докладе Генерального секретаря ЦК КПСС М. С. Горбачева на июньском 1985 г. совещании в ЦК КПСС по вопросам ускорения научно-технического прогресса подчеркивалось: «Катализатором современного научно-технического прогресса, как известно, являются микроэлектроника, вычислительная техника и приборостроение, вся индустрия информатики. Они оказывают решающее влияние на эффективность средств труда, технологических систем во всех отраслях»*.

Сегодня трудно найти область народного хозяйства или сферу человеческой деятельности, где бы не применялись средства вычислительной техники (ВТ) и информатики. Это обусловлено, в первую очередь, резким ростом объемов обрабатываемой информации, связанным с непрерывно увеличивающейся сложностью производства современных изделий, возрастанием требований к их качеству и техническому уровню, перевооружением производства на базе новейших технологий. Сегодня в сфере управления и обработки информации занято около четверти трудоспособного населения страны, а по прогнозам специалистов без широкомасштабного использования современных средств ВТ и информатики к 2000 г. в информационном секторе народного хозяйства должно быть занято почти все взрослое население.

Важной особенностью вычислительной техники и информатики является их радикальное воздействие на качественные показатели экономики. Новые информационные технологии представляют собой основу создания больших систем автоматизации проектирования, гибких автоматизированных производств, «безлюдных»

---

* Горбачев М. С. Коренной вопрос экономической политики партии. — М.: Политиздат, 1985.

цехов и предприятий. При этом производительность труда, которая в конечном счете является одной из главных целей успешного развития народного хозяйства, возрастает в десятки раз, проявляясь в повышении качества и количества выпускаемой продукции, в росте благосостояния советского народа.

История развития ВТ и информатики в нашей стране знает свои периоды подъема и спада. Периоды застоя в экономике отражались и на состоянии наших дел в вычислительной технике. В результате сегодня мы сталкиваемся с низкой надежностью отечественных ЭВМ, их существенным отставанием от мирового уровня, слабой загрузкой их мощностей полезной работой. Ведомственная разобщенность приводит к дублированию работ, отсутствию понимания между разработчиками элементной базы и средств ВТ и т. п.

Преодоление этих негативных явлений, переход к единой технической политике в стране в области ВТ и информатики, осуществление координации и развития работ в этой области возложено на недавно созданный в стране Государственный комитет по вычислительной технике и информатике (ГКВТИ СССР).

Много проблем стоит сейчас перед индустрией информатики и вычислительной техники.

В первую очередь требуется определить основные направления развития ВТ и структуру парка ЭВМ в стране, разработать целевые программы по повышению технического уровня средств ВТ и эффективности их использования в народном хозяйстве, обеспечить систематический контроль за качеством выпускаемых средств ВТ.

Создание ПЭВМ стало подлинной революцией в развитии средств ВТ и информатики. Сегодня это самый массовый вид вычислительных машин. За текущую пятилетку предполагается выпустить свыше 1 млн. ПЭВМ. Фактически зарождается новая отрасль массового производства, сравнимая по масштабам с выпуском телевизионной и радиотехнической аппаратуры. Характерная особенность ПЭВМ состоит в том, что они коренным образом изменяют способ общения человека с ВТ, делают его удобным и легким для людей любой

подготовки и профессии, от школьника и домохозяйки до министра и академика. Объединенные в локальные вычислительные сети, ПЭВМ становятся мощным инструментом управления производством, проектирования сложных систем, проведения крупных научных исследований, обучения школьников и студентов.

Следует отметить, что возможности и эффективность использования вычислительных систем во многом определяются качеством их программного обеспечения. Недаром среди специалистов бытует высказывание: «ЭВМ без программного обеспечения — дорогостоящий металлолом». Вместе с этим программные средства (ПС) любой сложной автоматизированной системы обработки информации сегодня по стоимости соизмеримы со стоимостью самих вычислительных средств и в будущем будут составлять до 80—90% стоимости всей системы.

Однако следует признать, что организация производства ПС в стране крайне неудовлетворительна. Программистские коллективы раздроблены на небольшие, слабо связанные между собой группы, производительность труда программистов невелика, мало используются накопленные фонды типовых алгоритмов и программ. В настоящее время проводится большая работа по созданию в нашей стране индустрии программных продуктов подотрасли народного хозяйства.

Другой важнейшей задачей нашей науки и производства является создание и выпуск средств вычислительной техники высокой надежности. Это пока один из больных вопросов. Если сейчас срок безотказной работы большой вычислительной машины типа ЕС ЭВМ реально составляет 150—300 часов, то в следующей пятилетке он должен быть доведен до нескольких тысяч часов. Что касается персональных ЭВМ, то они будут работать без отказов в течение 1,5—2 лет.

Поддержание средств ВТ в работоспособном состоянии обеспечивается их рациональным комплексным обслуживанием. С этой целью в системе ГКВТИ СССР создается сеть республиканских и территориальных сервисных предприятий, обеспечивающих не толь-

ко установку и ремонт средств ВТ, но и предоставление широкого спектра «интеллектуальных услуг», таких, как разработка программно-технических комплексов под задачи пользователей, предоставление помощи (программ-посредников) при работе с удаленными большими базами данных и сложными программными комплексами, обучение пользователей и организация обмена опытом.

Развитие средств ВТ и информатики — проблема огромного масштаба, требующая для своего решения комплекса взаимосвязанных государственных программ. В 1985 г. принята и успешно реализуется Общегосударственная программа создания, развития и эффективного использования ВТ и автоматизированных систем на период до 2000 г. Но время идет, наука открывает новые физические явления и процессы, которые могут быть положены в основу создания ЭВМ новых архитектурных направлений, обладающих производительностью в тысячи раз более высокой, чем современные высокопроизводительные ЭВМ.

Сегодня планируются создание и применение отечественных ЭВМ пятого поколения, которые должны обеспечить достижение советской вычислительной техникой передовых позиций в мире и существенное ускорение научно-технического прогресса. Планы создания таких машин охватывают развитие экспертных систем для решения сложных задач с использованием баз знаний, ввод-вывод информации голосом и с помощью изображений, реализацию машинного зрения, взаимодействие с ЭВМ на естественном языке и т. п.

Технической основой средств вычислительной техники, определяющей их основные характеристики, в том числе и надежность, является элементная база. В развитии элементной базы главными направлениями будут повышение степени интеграции элементов на кристалле, снижение потребляемой мощности, освоение новых физических процессов и материалов: опто- и молекулярная электроника, арсенид-галлиевые БИС, субмикронные технологии. Разработка таких элементов требует новых поколений САПР и систем моделирования БИС и СБИС, которые позволили бы сократить вре-

мя проектирования и изготовления микроэлектронных элементов до 1 месяца.

Таким образом, создание, развитие и применение средств ВТ охватывают самые разнообразные вопросы — от разработки сверхчистых материалов до построения распределенных вычислительных систем поддержки глобальных баз знаний и искусственного интеллекта. Наиболее интересные из этих вопросов рассматриваются в брошюрах серии «Вычислительная техника и ее применение» издательства «Знание».

Естественно, что управлять сложной вычислительной техникой должны люди. Им предстоит научиться использовать огромные возможности, заложенные в ЭВМ различных типов, для решения своих задач. Для этого необходимо достижение высокого уровня «компьютерной» грамотности населения, ускорение целевой подготовки кадров в области ВТ, микроэлектроники, автоматизированных систем. Однако обучение информатике в школе, профессиональных училищах, вузах, на курсах повышения квалификации явно недостаточно. Необходимо пробудить у людей интерес к самостоятельному овладению методами и средствами эффективного применения ЭВМ в своей работе, будь то врач, учитель или инспектор по кадрам. Для этого необходимы разработка и широкое тиражирование материалов для самостоятельного изучения информатики, пособий и справочников по практическому использованию средств ВТ в различных областях человеческой деятельности, и с этой точки зрения предлагаемая серия издательства «Знание», в которой освещаются практически все из затронутых мной актуальных вопросов развития средств ВТ и информатики, явится первым и, как часто бывает, решающим шагом по пути компьютерного обучения.

Председатель Государственного
комитета по вычислительной технике
и информатике СССР

Н. В. ГОРШКОВ

Величайшее изобретение века

Знакомясь с фактами истории, мы познаем нашу культуру, проникаем в образ мышления и воображения наших предшественников. История рассказывает о том, что было, поясняет смысл уже содеянного и, что самое главное, помогает предвидеть достижения завтрашнего дня. «Мы должны взять из прошлого огонь, а не пепел» (Ж. Жорес) — так можно определить основное назначение любой публикации по истории развития технических наук.

Новый инструмент — ЭВМ — служит человеку еще только половину века. Появление ЭВМ «означало появление не только нового средства, но и новых проблем; и поскольку это средство оказалось беспрецедентным, такими же оказались и проблемы» (Эдсгер Дейкстра). С расширением области применения средств вычислительной техники о грядущих и предстоящих переменах говорят как о «начале революционных преобразований» или «наступлении новой технической революции». Жизнь показывает, что это не пустые восклицания восторженных журналистов. Эти выражения абсолютно точно характеризуют начало компьютерной эры.

Большинство потенциальных пользователей ЭВМ считают компьютеры математическими машинами, предназначенными для решения вычислительных задач. В действительности же компьютеры представляют собой языковые машины: основа их силы заключена в способности манипулировать лингвистическими знаками — символами, которым приписан некоторый смысл. Постепенное освоение логических задач позволило применить ЭВМ в отраслях, далеких от математики. И это очень важно хотя бы потому, что численные вычисления в сфере человеческой деятельности занимают не более 30%.

Средства вычислительной техники и электроники в

любой трудовой сфере возьмут на себя только рутинную, нетворческую часть деятельности человека. И это уже сейчас под силу ЭВМ. Известно, что даже простые вещества могут объединяться в исключительно сложные структуры, обладающие свойствами и возможностями самосовершенствования. Трудно отрицать некоторую вероятность разумного поведения компьютеров. Во всяком случае, ученые всего мира пытаются преодолеть трудности осмысления и создания архитектуры ЭВМ, которая определяет интеллект, пытаются создать системы, обладающие разумным поведением. Однако как бы ни была «умна» ЭВМ, она всегда будет инструментом, предназначенным для роста производительности труда людей.

ЭВМ — одно из величайших изобретений середины XX в., изменивших нашу жизнь во многих ее проявлениях. Вычислительная техника превратилась в один из основных рычагов, обеспечивающих развитие и достижения научно-технического прогресса.

Не много времени прошло после испытания первой электронной вычислительной машины, но уже полна событиями история создания этой техники, уже есть всемирно признанные имена тех, кто проложил дорогу к современным супер-ЭВМ, преодолел многие трудности и решил, как казалось, недоступные проблемы. Об этом наш рассказ.

Однако автор ограничивается изложением истории компьютера как целого, не останавливаясь подробно на истории отдельных его составляющих (память, устройство ввода-вывода и т. п.). Не включены сюда также факты истории развития программных средств и вопросы истории становления и развития вычислительных сетей — это темы отдельной беседы.

* * *

Наши предки оставили после себя гигантские сооружения, построенные с помощью примитивных механизмов. Научные основы динамики, а с ней и всей механики были заложены только в XVII в.

Примитивные инструменты XVII в., имевшиеся в

распоряжении ученых-математиков того времени, не помешали им разработать законы падения, всемирного тяготения, движения планет, положить начало дифференциальному и интегральному исчислению, декартовой геометрии.

Может быть, именно эти успехи в механике и математике, появившиеся благодаря гениальности и работоспособности их создателей, заставили немецкого ученого Г. В. Лейбница (1646—1716) искать средства механизации счетных работ. Он говорил: «...недостойно совершенства человеческого, подобно рабам, тратить часы на вычисления». Уместно напомнить, что применению двоичной арифметики мы обязаны Лейбницу. Этим открытием ученый заложил основу, на которой покоятся все киты современной вычислительной техники.

«Если бы мне пришлось выбирать в анналах истории наук святого — покровителя кибернетики, то я выбрал бы Лейбница» — так оценил заслуги немецкого ученого основоположник кибернетики Норберт Винер.

Лейбниц предложил также арифметизацию логики. Однако центральной фигурой «алгебраического этапа» логики был английский ученый Джордж Буль (1815—1864). Он говорил, что сформировал в алгебраическом виде законы мышления и показал, что его алгебра (она так и называется — алгебра Буля), имея дело с суждениями, оперирует только двумя понятиями: ИСТИННО и ЛОЖНО. Для двоичной системы исчисления это 1 и 0, легко реализуемые на практике с помощью реле. Возможно, работам Д. Буля мы и обязаны появлением релейных вычислительных машин, ведь так просто с помощью реле осуществить все три основные логические схемы И, ИЛИ, НЕ (а всего таким образом можно построить 16 логических функций). Во всяком случае, цепи электронной вычислительной машины ENIAC проектировались в какой-то мере с помощью булевой алгебры.

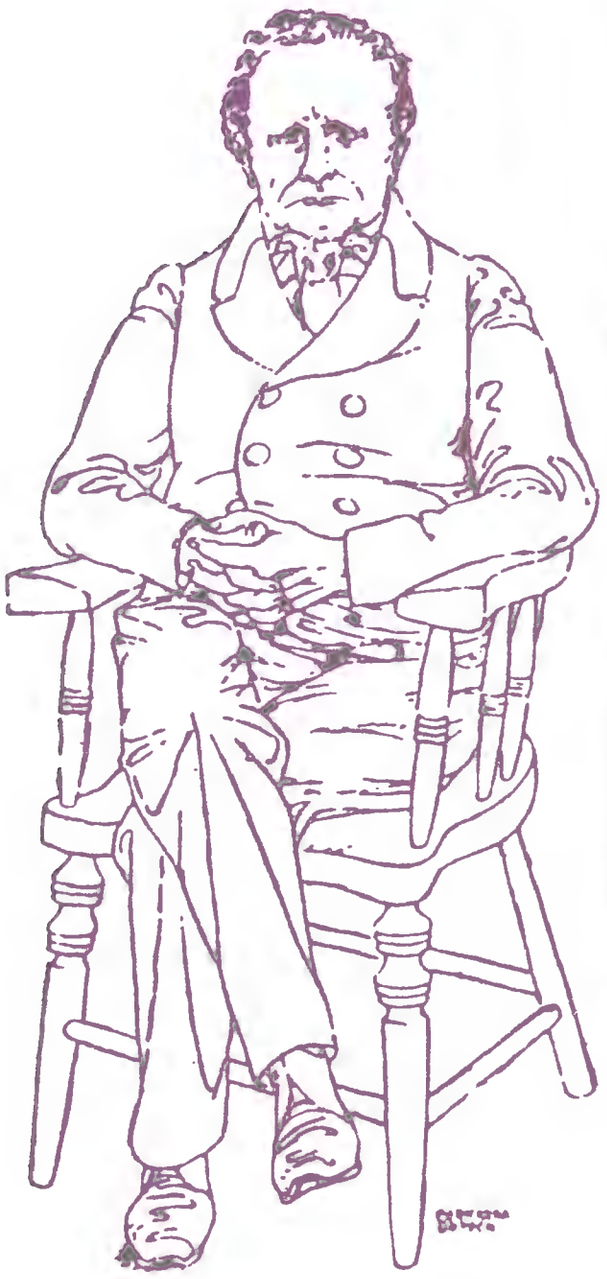
Работы Г. Лейбница и Д. Буля заложили теоретическую базу для практической реализации вычислительных устройств высокой производительности — имеются в виду открывшиеся возможности для цифровой

обработки информации. Эти работы в течение десятилетий направляли характер деятельности многих исследователей и изобретателей.

Провозвестники компьютерной эры

Впервые состав и назначение функциональных средств автоматической вычислительной машины определил в 1834 г. английский математик и экономист Ч. Бэббидж (1792—1871) в своем неосуществленном проекте аналитической машины. Проект содержал более 200 чертежей различных узлов. Нужно особо отметить такие механические составные части, как хранилище для чисел (в современном понятии — память); устройство для производства арифметических действий над числами (Бэббидж назвал его «фабрикой»); устройство, управляющее операциями машины в нужной последовательности, включая перенос чисел из одного места в другое (Бэббидж не дал названия этой части, теперь это устройство управления); устройство для ввода и вывода чисел.

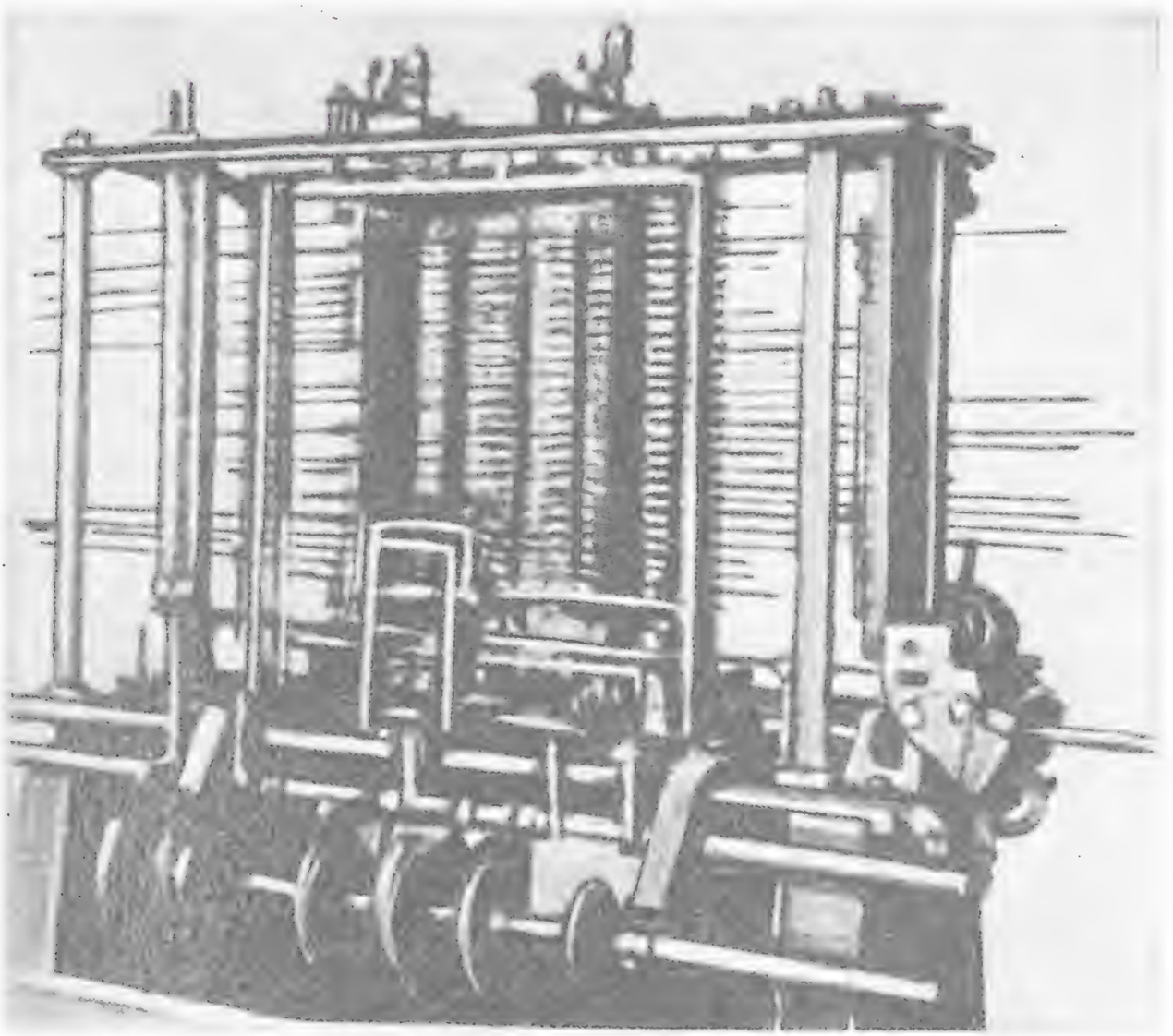
С 1834 г. и до конца жизни Бэббидж работал над проектом аналитической машины, не пытаясь построить ее. Только в 1906 г. сын Ч. Бэббиджа выполнил демонстрационные модели некоторых частей машины [58, с. 110]. Если бы аналитическая машина была завершена, то, по оценкам Бэббиджа, на сложение и вычитание потребовалось 2 с, на умножение и деление — 1 мин [58, с. 75]. Что касается возможности существования такой машины, то можно привести слова одного из пионеров ЭВМ М. Уилкса: «В лучшем случае она будет часто ломаться. Но это же можно сказать о ранних электронных компьютерах, которые были построены спустя 100 лет» [2]. Бэббидж не составил полного описания своей машины и методов ее использования. Тем не менее в 1842 г. в Женеве была опубликована небольшая рукопись итальянского военного инженера



«Как только аналитическая машина начнет свое существование, она неизбежно станет элементом, определяющим будущее развития науки».
Ч. Бэббидж

«...аналитическую машину не надо смешивать с простыми счетными машинами — она занимает особое место».
Ада Августа Лавлейс

Л. Ф. Менабреа «Очерк об аналитической машине, изобретенной Чарлзом Бэббиджем», написанная на основе лекций, прочитанных Бэббиджем в 1840 г. в Турине. Рукопись Менабреа с одобрения Бэббиджа перевела на английский язык его ученица и помощница, дочь поэта Дж. Г. Байрона, Ада Лавлейс, сопроводив перевод подробнейшими комментариями, которые по



Аналитическая машина Бэббиджа

сути своей были посвящены проблемам использования аналитической машины, т. е., собственно говоря, проблемам программирования. Поэтическое восприятие мира передалось ей от отца. «Аналитическая машина ткет алгебраические образы» — эти слова принадлежат графине Лавлейс. При участии Бэббиджа она составила первые программы для решения систем двух линейных уравнений и для вычисления чисел Бернулли.

Заслуги Бэббиджа и Лавлейс трудно переоценить, они стали провозвестниками компьютерной эры, наступившей только через столетие. Их вклад в вычислительную науку значителен. В чем суть их достижений?

Во-первых, главное — это предложенная Бэббиджем идея **программного управления*** процессом вы-

---

* Объяснения слов, выделенных жирным шрифтом, приведены в конце брошюры — см. «Словарь терминов».

числений. Во-вторых, предполагалось использование перфокарт для ввода и вывода данных и для целей управления, а также для обмена и передачи чисел в самой машине. В-третьих, изобретена система предварительного переноса для ускорения вычислений. В-четвертых, применен способ изменения хода вычислений, который в дальнейшем получил название команды условного перехода. В-пятых, введены понятия циклов операций и рабочих ячеек.

Надо также отметить, что в творческом наследии Бэббиджа и комментариях Лавлейс мы находим наметки таких понятий, как подпрограмма и библиотека подпрограмм, модификация команд и индексный регистр, которые стали употребляться только в 50-х годах XX в. Кстати сказать, термин «библиотека» впервые был введен Бэббиджем, а термины программирования «рабочая ячейка», «цикл» предложила первая в мире программистка А. Лавлейс [3].

После Бэббиджа значительный вклад в технику автоматизации обработки информации внес американский изобретатель Г. Голлерит. Голлерит является основоположником счетно-перфорационной техники — непосредственной предшественницы релейных машин. Занимаясь в 80-х годах прошлого столетия вопросами обработки статистических данных (данных переписи населения), он создал систему, автоматизирующую процесс обработки. Голлерит впервые (1890 г.) построил ручной перфоратор, который был использован для нанесения цифровых данных на перфокарты (на карте пробивались отверстия), и ввел механическую сортировку для раскладки этих перфокарт в зависимости от места пробивок. Им построена суммирующая машина, названная **табулятором**, которая прощупывала отверстия на перфокартах, воспринимала их как соответствующие числа и подсчитывала эти числа. Носитель данных Голлерита — 80-колонная перфокарта — не претерпела существенных изменений до настоящего времени.

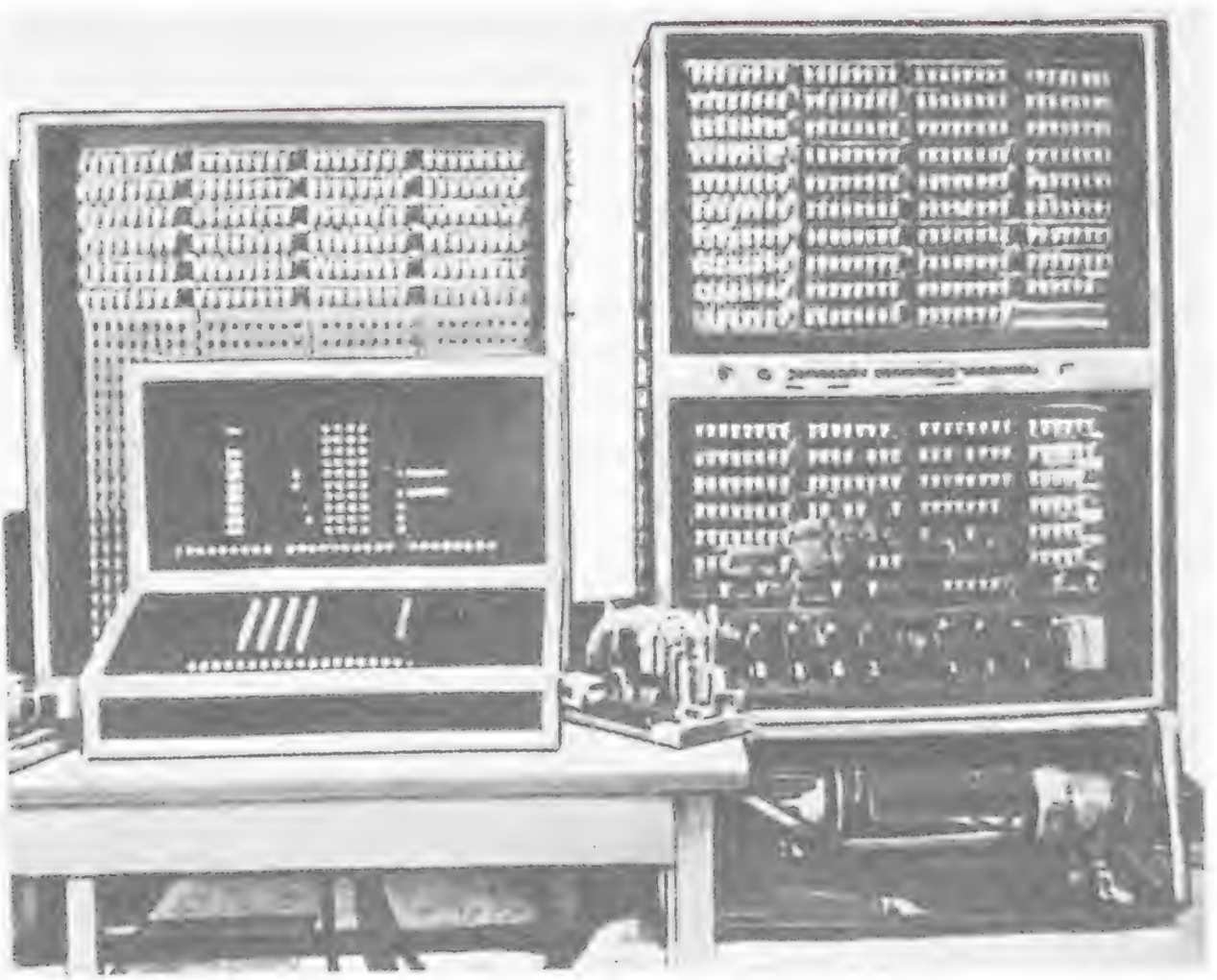
Машины Голлерита были использованы в обработке данных переписи в США, Австрии, Канаде, Норвегии и в других странах [2]. Они использовались при первой

Всероссийской переписи населения в 1897 г., причем Голлерит приезжал в Россию для организации этой работы. В 1896 г. Голлерит основал всемирно известную фирму Computer Tabulating Recording, специализирующуюся на выпуске счетно-перфорационных машин и перфокарт, которые стали широко применяться на транспорте, в торговле, в статистических управлениях, в страховых обществах и т. п. В дальнейшем эта фирма была преобразована в фирму International Business Machines (IBM), которая ныне, как известно, является крупнейшим разработчиком вычислительных систем. Заметим, что Г. Айкен, автор одной из первых действующих вычислительных машин с программным управлением («Марк-1», 1944 г.), создавал свою машину на базе стандартных деталей перфорационных устройств, выпускавшихся в то время фирмой IBM [2].

Развитие счетно-перфорационных машин происходило сравнительно медленно: автоматическая загрузка перфокарт была введена в 1900 г., первые печатающие и накапливающие табуляторы были изобретены в 1913 г. В 1929 г. советский изобретатель Г. Лозовский создал первую в мире конструкцию итогового перфоратора, а в 1934—1935 гг. В. Агаповым (тоже СССР) были разработаны принципы использования фотоэлемента в перфорационных устройствах [4, с. 6].

Наиболее часто на ЭВМ выполняются комбинаторные задачи, и в частности задачи сортировки. Сортировка, как известно, далеко не тривиальна как с практической, так и с теоретической точки зрения. Так вот, поиск истоков современных методов сортировки приводит нас к машинам Голлерита, а именно к его сортировальной машине. Принципы работы **сортировочной машины** легли в основу поразрядной сортировки, используемой в электронных машинах.

Двенадцатипозиционный двоичный код ЕС ЭВМ для пробивки перфокарт восходит опять же к Г. Голлериту. В ФОРТРАНе, широко распространенном языке программирования, для вывода на печать сообщений, являющихся комментариями к полученным результатам, используется специальный тип спецификации оператора FORMAT, называемый спецификацией Голлерита.



Вычислительная машина Z3

А были ли в докомпьютерный период ученые и изобретатели, которые пытались создать то, что не удалось Бэббиджу? Один из них — дублинский бухгалтер П. Лудгейт, который в 1903 г. спроектировал аналитическую машину. Его арифметическое и запоминающее устройства настолько отличались от соответствующих узлов конструкции Бэббиджа, что не остается никакого сомнения в том, что он работал самостоятельно. Лудгейт пошел дальше Бэббиджа — он понял значение **условных переходов** и впервые ввел трехадресные команды, а также разработал принцип распределения адресов по ячейкам запоминающего устройства [5]. Неизвестно, когда Лудгейт узнал о принципиальных особенностях машины Бэббиджа, но, вероятно, эти принципы способствовали созданию механизма управления последовательностью действий — работа его машины управлялась с помощью перфоленты. Кроме того, изобретатель предусмотрел в своей машине воз-

можность автоматической распечатки результатов вычислений. О работе над аналитической машиной Лудгейта мы знаем немного. Пожалуй, кроме опубликованной рукописи с планом постройки этой машины [5], сведений о ее практической реализации мы не имеем.

Испанский инженер и изобретатель Л. Торрес де Кеведо также известен своими работами по созданию аналитической машины. Наиболее важной опубликованной его работой были «Очерки по автоматике», в которых он впервые употребил термин «автоматика». В этой работе (1914 г.) автор приводит схематический план своего проекта машины, используя достижения электромеханики тех лет. Машина имела устройство программного управления и схему условного перехода. Другой вариант схемы электромеханической аналитической вычислительной машины он создал в 1920 г. В этом варианте впервые предпринята попытка представления чисел в форме с «плавающей запятой».

Известны и другие попытки создания аналитической машины. Например, французский ученый Л. Куффиньял в 1938 г. описал двоичное электромеханическое устройство с программным управлением.

Создание первых компьютеров

Первым создателем автоматической вычислительной машины считается немецкий ученый К. Цузе. Работы им начаты в 1933 г., а в 1936 г. он построил модель механической вычислительной машины, в которой использовалась двоичная система счисления, форма представления чисел с плавающей запятой, трехадресная система программирования и перфокарты [6]. Условный переход при программировании не был предусмотрен. Затем в качестве элементной базы Цузе выбирает реле, которые к тому времени давно применялись в различных областях техники.

В 1938 г. Цузе изготовил модель машины Z1 на

«...Я или кто-то другой это сделает, но система должна быть развита во многих направлениях».
Герман Голлерит

«Живи Бэббидж на 75 лет позже, я остался бы безработным».
Говард Айкен

16 слов, в следующем году — модель Z 2, и еще через два года он построил первую в мире действующую вычислительную машину с программным управлением (модель Z 3), которая демонстрировалась в Германском научно-исследовательском центре авиации. Это был релейный двоичный компьютер, имеющий память на 64 22-разрядных числа с плавающей запятой: 7 разрядов для порядка и 15 разрядов для мантиссы. В арифметическом блоке использовалась параллельная арифметика. Команда включала операционную и адресную части. Ввод данных осуществлялся с помощью десятичной клавиатуры. Предусмотрен цифровой вывод, а также автоматическое преобразование десятичных чисел в двоичные и обратно. Время сложения у модели Z 3 — 0,3 с, умножения — 4,5 с. Все эти образцы машин были уничтожены во время бомбарди-

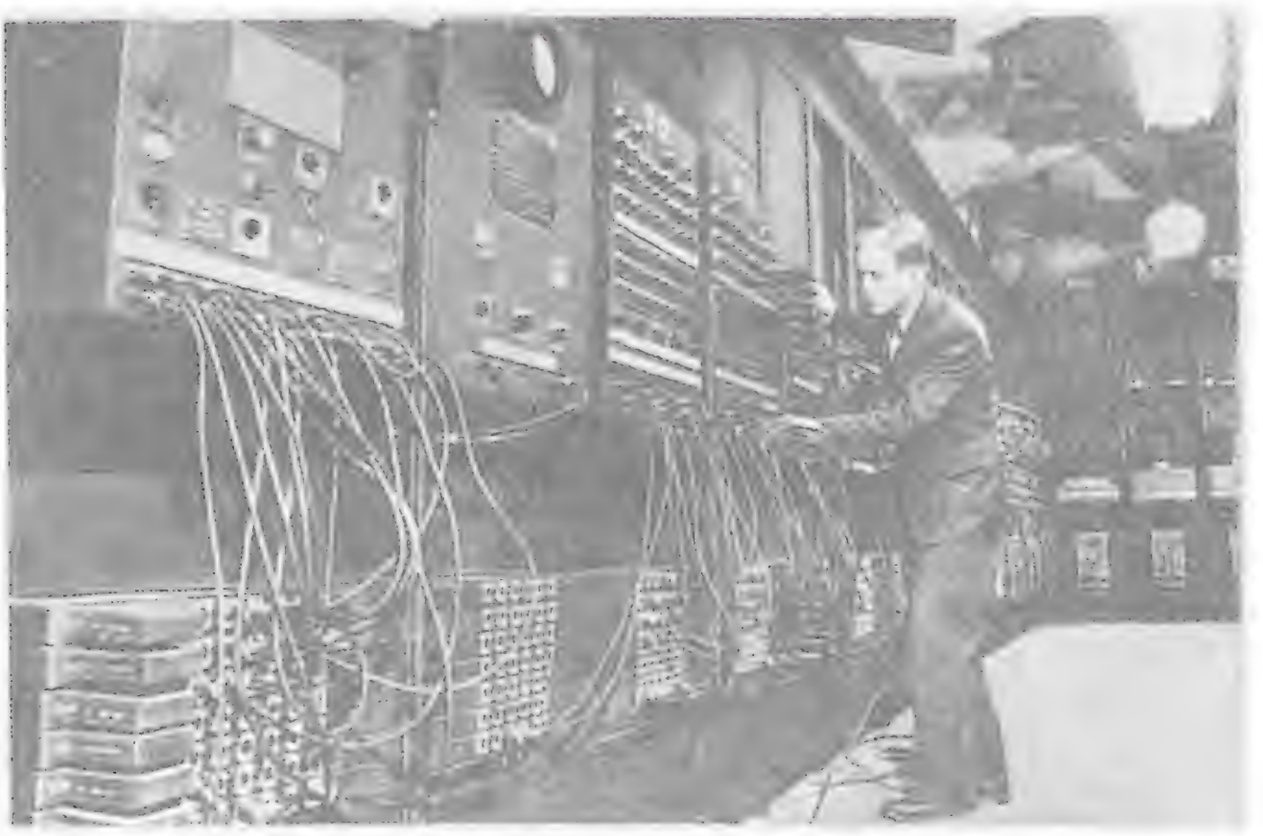
ровок в ходе второй мировой войны. После войны Цузе изготовил модели Z4 и Z5.

К. Цузе в 1945 г. создал язык Plankalkül («исчисление планов»), который относится к ранним формам алгоритмических языков [7]. Этот язык был в большей степени машинно-ориентированным, однако в некоторых моментах, касающихся структуры объектов, по своим возможностям даже превосходил АЛГОЛ, ориентированный только на работу с числами.

Независимо от Цузе построением релейных автоматических вычислительных машин занимались в США Д. Штибитц и Г. Айкен.

Д. Штибитц, работавший в фирме Bell, собрал на телефонных реле первые суммирующие схемы. В 1940 г. вместе с С. Уильямсом Штибитц построил «вычислитель комплексных чисел», или релейный интерполятор, который впоследствии стал известен как специализированный релейный компьютер «Bell-модель 1». Машина демонстрировалась на заседании Американского математического общества в этом же году. На демонстрации в машину ввели два комплексных числа, переданных по телеграфу, и получили произведения этих чисел с отображением результата на телеграфном печатающем аппарате, установленном в зале заседания. В последующие годы были созданы еще четыре модели этой машины. Последняя из них разработана Штибитцем в 1946 г. (модель V) — это был компьютер общего назначения, который содержал 9000 реле, занимал площадь 90 $м^2$ и весил 10 т. Сложение на этой машине выполнялось за 0,3 с, умножение — за 1 с. Для ввода данных использовалась перфолента, для вывода — стандартное телетайпное оборудование.

Другую идею релейного компьютера выдвинул в 1937 г. аспирант Гарвардского университета Г. Айкен. Этой идеей заинтересовалась фирма IBM. В помощь Айкену подключили бригаду инженеров во главе с К. Лейком. Работа по проектированию и постройке машины, которая в дальнейшем стала называться «Марк-1», началась в 1939 г. и продолжалась 5 лет. Реле, счетчики, контактные устройства, печатающие механизмы, устройства для ввода перфокарт и перфори-



Электронный компьютер ENIAC

рующие устройства, используемые в машине, были стандартными частями табуляторов, выпускаемых в то время фирмой IBM. Эта машина, работавшая с 23-значными десятичными числами, выполняла операцию сложения за 0,3 с и операцию умножения за 3 с. Машина не имела операции условного перехода, это было ее недостатком, но свою жизнеспособность она доказала в течение 15 лет непрерывной работы.

Электронные лампы при создании вычислительной машины впервые были применены американским профессором физики и математики Д. Атанасовым [8]. Атанасов работал над проблемой автоматизации решений больших систем линейных алгебраических уравнений. В декабре 1939 г. Атанасов окончательно сформулировал и осуществил на практике свои основные идеи, создав вместе с К. Берри работающую настольную модель, после отработки которой они приступили к постройке опытного образца, способного решать систему уравнений с 29 неизвестными. Исходные данные в машину должны были вводиться с помощью перфокарт в десятичной системе счисления, а счет в самой машине осуществлялся в двоичной системе счис-

ления. В машине были использованы 32 одноразрядных ламповых сумматора, последовательно выполнявшие операцию сложения. Память машины была емкостная — использовалось 1632 бумажных конденсатора. Всего в конструкции использовано 300 электронных ламп.

К весне 1942 г. монтаж машины в основном был завершен, но США уже находились в состоянии войны с Германией, а постройка машины не была связана с военными исследованиями, и работы были прекращены.

В 1942 г. профессор электротехнической школы Мура Пенсильванского университета Д. Маучли представил проект (меморандум) «Использование быстродействующих электронных устройств для вычислений», который положил начало созданию первой электронной вычислительной машины ENIAC. Около года проект пролежал без движения, пока им не заинтересовалась Баллистическая исследовательская лаборатория армии США. В 1943 г. под руководством Д. Маучли и Д. Эккерта были начаты работы по созданию ENIAC, а демонстрация работы машины состоялась 15 февраля 1946 г.

Новая машина имела «впечатляющие» параметры: 18 000 электронных ламп, занимала помещение 9×15 м^2, весила 30 т и потребляла 150 кВт. ENIAC работала с тактовой частотой 100 кГц и выполняла операцию сложения за 0,2 мс, а умножения — за 2,8 мс, что было на три порядка быстрее, чем это могли делать релейные машины.

Быстро обнажились недостатки новой машины. Использовалась десятичная система счисления вместо двоичной. Программа задавалась схемой коммутации триггеров на 40 наборных полях, на каждую команду требовалось несколько коммутационных шнуров. На перенастройку коммутационных полей уходили недели. При пробной эксплуатации выяснилось, что надежность машины очень низка — поиск неисправностей занимал от нескольких часов для нескольких суток.

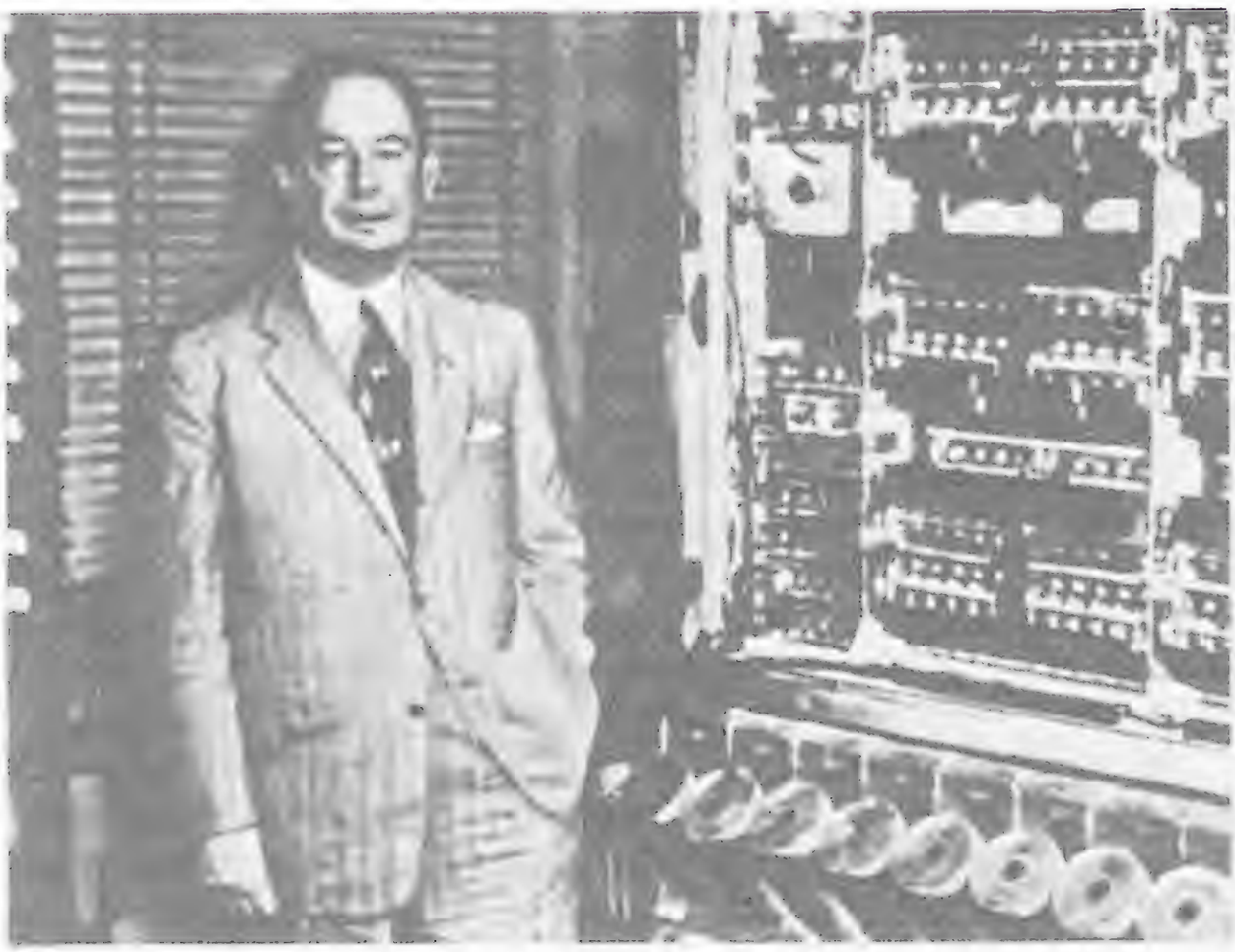
По своей структуре ЭВМ ENIAC напоминала механические вычислительные машины. Запоминающие регистры состояли из триггерных колец (по десять триггеров в каждом кольце). Только один из триггеров воз-

буждался в определенный момент времени в соответствии с запоминаемой десятичной цифрой. Система переноса десятков в накопителях была аналогична предварительному переносу в машине Бэббиджа.

Долгое время ENIAC считался первым действующим электронным компьютером. Однако в октябре 1975 г. после продолжительного официального молчания, длившегося 32 года, правительство Великобритании опубликовало серию фотографий компьютера «Колосс». Эти фотографии должны были подтвердить, что ряд программируемых электронных компьютеров был сконструирован в Великобритании во время второй мировой войны, а первый из них работал уже с декабря 1943 г. в государственном институте Блетчли-Парк [60]. К концу войны работали около десятка «Колоссов», и несколько других машин были в стадии завершения.

Правильная оценка «Колоссов» как предшественников современных ЭВМ затруднена из-за недостатка подробной информации, касающейся выполняемых функций и средств для управления их работой. Однако официальные документы и некоторые заключения ученых позволили классифицировать «Колосс» как электронный компьютер специального назначения с ограниченной формой операции **условного перехода.** Количество электронных ламп, используемых в «Колоссе», достигало 2000, машина работала параллельным методом с частотой 5000 импульсов в секунду. В ней применен быстрый ввод с перфолент, память на электронных регистрах, вывод на печатающее устройство. Однако программирование было внешним, этот компьютер так же, как и ENIAC, не хранил в памяти программ.

С точки зрения архитектуры ЭВМ с хранимой в памяти программой революционными были идеи американского математика, члена Национальной АН США и американской академии искусств и наук Джона фон Неймана (1903—1957). Эти идеи изложены в статье «Предварительное рассмотрение логической конструкции электронного вычислительного устройства», написанной им совместно с А. Берксом и Г. Голдстайном (опубликована в 1946 г.). Интересно привести некото-



«...орган памяти можно использовать для хранения как чисел, так и приказов (команд)». Дж. фон Нейман

рые положения статьи из раздела «Основные компоненты машины», которые носят основополагающий характер в становлении и развитии ЭВМ [9].

«Так как законченное устройство будет универсальной вычислительной машиной, оно должно содержать несколько основных органов, таких, как орган арифметики, памяти, управления и связи с оператором. Мы хотим, чтобы после начала вычислений работа машины не зависела от оператора».

«Очевидно, что машина должна быть способна запоминать некоторым образом не только цифровую информацию, необходимую для данного вычисления... но также и команды, управляющие программой, которая должна производить вычисления над этими числовыми данными».

«Если, однако, приказы (команды) машине свести к числовому коду и если машина сможет некоторым образом отличать число от приказа (команды), то ор-

ган памяти можно использовать для хранения как чисел, так и приказов (команд)». (Вот он, неймановский принцип хранимой программы — у Бэббиджа его нет.) Надо сказать, что о принципе хранимой программы Нейман упоминает еще в раннем докладе о проекте ЭВМ EDVAC, датированном 30 июня 1945 г.

«Если память для приказов (команд) является просто органом памяти, то должен существовать еще орган, который может автоматически выполнять приказы (команды), хранящиеся в памяти. Мы будем называть этот орган управляющим».

«Поскольку наше устройство должно быть вычислительной машиной, в нем должен иметься арифметический орган... устройство, способное складывать, вычитать, умножать и делить».

«Наконец, должен существовать орган ввода и вывода, с помощью которого осуществляется связь между оператором и машиной».

Эти основные положения статьи определяют структуру ЭВМ неймановского типа, которая, можно сказать, оставалась практически неизменной на протяжении трех поколений ЭВМ.

Используя свой опыт в области создания «Колоссов», Великобритания приступила к координации своих разработок, создав в 1945 г. Национальную математическую лабораторию [12]. В этой лаборатории работали две группы: одна возглавлялась Т. Килбурном и Ф. Вильямсом из Манчестерского университета, другая — М. Уилксом из Кембриджского университета. Эти две группы впервые реализовали в своих разработках идею хранимой программы. Г. Килбурн и Ф. Вильямс 21 июня 1948 г. просчитали первую программу на ЭВМ «Марк-1» (одинаковое название с машиной Айкена). Впервые в этой машине в качестве оперативного запоминающего устройства была использована трубка Вильямса, применение которой позволяло осуществлять произвольную выборку хранимых данных вместо последовательной выборки при использовании ртутных линий задержки, применявшихся в первых серийных ЭВМ первого поколения. Интересно отметить, что в одном из вариантов машины (1949 г.)

«Изобретение ЭВМ совершило переворот в применении математики для решения важнейших проблем физики, механики, астрономии, химии и др.». С. А. Лебедев

«...некоторые опасались, что когда мы создадим машины, они за несколько минут перерешают все задачи. Однако появление машин вызвало к жизни еше большее количество задач». В. М. Глушков

Манчестерского университета были впервые применены индексные регистры (см. **регистр индексный**). Это одна из особенностей, отличавших ее от машин неймановской структуры.

Другая группа под руководством М. Уилкса 6 мая 1949 г. произвела первые расчеты на созданной машине EDSAC, имеющей также структуру неймановского типа. М. Уилкс, находясь до этого в США, был членом школы Мура Пенсильванского университета, и ему, как немногим другим, были известны материалы статьи Д. фон Неймана о проекте машины EDVAC. Постройка машины EDVAC была закончена в 1950 г., а ее эксплуа-

МЭСМ

тация началась в 1952 г. Вскоре в США были выпущены машины BINAC и SEAC, работающие с тактовой частотой 1 МГц и 4 МГц соответственно [11].

В эти же годы в Киеве в лаборатории моделирования и вычислительной техники Института электротехники АН УССР под руководством академика С. А. Лебедева создавалась МЭСМ — первая советская ЭВМ. Функционально-структурная организация МЭСМ была предложена Лебедевым в 1947 г. Первый пробный пуск макета машины состоялся в ноябре 1950 г., а в эксплуатацию машина была сдана в 1951 г. [10]. МЭСМ работала в двоичной системе, с трехадресной системой команд, причем программа вычислений хранилась в запоминающем устройстве оперативного типа. Машина Лебедева с **параллельной обработкой** слов представляла собой принципиально новое решение [10, с. 4]. Она была одной из первых в мире и первая

на Европейском континенте ЭВМ с хранимой в памяти программой.

Позади годы упорного труда — побед, огорчений, успехов, разочарований. В этом напряженном творческом процессе были дни безнадежности и отчаяния, удовлетворения и ликования. А все вместе называется просто — работа. И рассказывают ученые о своей работе тоже просто. «Никогда в жизни мне не приходилось спать и завтракать так, как в течение тех месяцев, когда мы по двадцать четыре часа просиживали у вычислительных машин, сменяя друг друга. «ЭНИАК», на котором мы работали, хотя и был более быстродействующим, чем прежние математические приборы, все же оказался довольно деликатной и, я бы сказала, капризной машиной. Постоянно какие-нибудь лампы или контуры выходили из строя, и нам приходилось простаивать» (Герда Эванс, математик).

Просто говорят и о достигнутом: «И вот, наконец, наша МЭСМ начала делать первые робкие шаги. Подумать только, на вопрос, заданный ей с пульта: «Сколько будет 2×2?», она к бурной радости всех нас почти всегда отвечала «4» (Л. Н. Дашевский, Е. А. Шкабара).

Ламповые ЭВМ

Компьютеры первого поколения. Проекты и реализация машин «Марк-1», EDSAC и EDVAC в Англии и США, МЭСМ — в СССР заложили основы для развертывания работ по созданию ЭВМ вакуумно-ламповой технологии — серийных ЭВМ первого поколения.

Разработка первой серийной электронной машины UNIVAC (Universal Automatic Computer) начата примерно в 1947 г. Д. П. Эккертом и Д. Маучли, основавшими в декабре того же года фирму Eckert — Mauchly. Первый образец машины (UNIVAC-1) был построен для бюро переписи США и пущен в эксплуатацию весной 1951 г. Вычислительная машина UNIVAC-1 синхронная, последовательного действия, создана на

базе ЭВМ ENIAC и EDVAC. Работала с тактовой частотой 2,25 МГц и содержала около 5000 электронных ламп. Внутреннее запоминающее устройство емкостью 1000 12-разрядных десятичных чисел было выполнено на 100 ртутных линиях задержки [11].

Вскоре после ввода в эксплуатацию машины UNIVAC-1 ее разработчики выдвинули первые идеи автоматического программирования. Они сводились, по существу, к тому, чтобы машина сама могла подготавливать такую последовательность команд, которая нужна для решения данной задачи.

Пятидесятые годы — годы расцвета компьютерной техники, годы значительных достижений и нововведений как в архитектурном, так и в научно-техническом отношении. Отличительные особенности в архитектуре современных ЭВМ по сравнению с неймановской архитектурой впервые появились в ЭВМ первого поколения.

Сильным сдерживающим фактором в работе конструкторов ЭВМ начала 50-х гг. было отсутствие быстродействующей памяти. По словам одного из пионеров вычислительной техники Д. Эккерта, в те годы «архитектура машины определялась памятью» [12]. Исследователи сосредоточили свои усилия на запоминающих свойствах ферритовых колец, нанизанных на проволочные матрицы. В 1951 г. в 22-м томе Journal of Applid Physics Д. Форрестер опубликовал статью о применении магнитных сердечников для хранения цифровой информации. В машине «Whirlwind-1» впервые была применена память на магнитных сердечниках. Она представляла собой два куба с 32×32×17 сердечниками, которые обеспечивали хранение 2048 слов для 16-разрядных двоичных чисел с одним разрядом **контроля на четность.**

В разработку электронных компьютеров включилась фирма IBM. В 1952 г. она выпустила свой первый промышленный электронный компьютер IBM-701, который представлял собой синхронную ЭВМ параллельного действия, содержащую 4000 электронных ламп и 12 000 германиевых диодов [14]. Усовершенствованный вариант машины IBM-701 был выпущен в январе

1956 г. IBM-704 отличалась высокой скоростью работы, в ней использовались индексные регистры и данные представлялись в форме с плавающей запятой [11].

После ЭВМ IBM-704 была выпущена машина IBM-709, которая в архитектурном плане приближалась к машине второго и третьего поколений. В этой машине впервые была применена **косвенная адресация**, и впервые появились **каналы ввода-вывода**.

В 1956 г. фирмой IBM были разработаны плавающие магнитные головки на воздушной подушке. Изобретение их позволило создать новый тип памяти — дисковые ЗУ, значимость которых была в полной мере оценена в последующие десятилетия развития вычислительной техники. Впервые ЗУ на дисках появились в машинах IBM-305 и RAMAC-650. Последняя имела пакет, состоящий из 50 металлических дисков с магнитным покрытием, которые вращались со скоростью 1200 об/мин. На поверхности диска размещалось 100 дорожек для записи данных по 10 000 знаков каждая [12, с. 117].

Вслед за выпущенным первым серийным компьютером UNIVAC-1 фирма Remington-Rand в 1952 г. выпустила ЭВМ UNIVAC-1103, которая работала в 50 раз быстрее. Позже в том компьютере впервые были применены **программные прерывания** [13].

В октябре 1952 г. группа сотрудников фирмы Remington-Rand предложила алгебраическую форму записи **алгоритмов** под названием «сокращенный код», которая интерпретировалась машиной строка за строкой по ходу выполнения программы. Здесь мы с особым удовольствием отметим имя еще одной дамы — офицера военно-морских сил США и руководителя группы программистов, капитана Грейс Хоппер, которая разработала первую программу-**компилятор** А-0. Эта обслуживающая программа производила трансляцию на машинный язык всей программы, записанной в удобной для обработки алгебраической форме. А позже с ее участием был разработан язык КОБОЛ.

Фирма IBM также сделала первые шаги в области автоматизации программирования, создав в 1953 г. для машины IBM-701 «Систему быстрого кодирования».

В 1957 г. группа под руководством Д. Бэкуса завершила работу над ставшим впоследствии популярным первым **языком программирования высокого уровня**, получившим название ФОРТРАН. Язык, реализованный впервые на ЭВМ IBM-704, способствовал расширению сферы применения компьютеров.

В Великобритании в июле 1951 г. на конференции в Манчестерском университете М. Уилкс представил доклад «Наилучший метод конструирования автоматической машины», который стал пионерской работой по основам **микропрограммирования**. Предложенный им систематический метод проектирования **устройств управления** нашел широкое применение [12, с. 118]. Свою идею микропрограммирования М. Уилкс реализовал в 1957 г. при создании машины EDSAC-II. М. Уилкс вместе с Д. Уиллером и С. Гиллом в 1951 г. выпустили первый учебник по программированию «Составление программ для электронных счетных машин» (русский перевод 1953 г.).

В 1951 г. фирмой Ferranti стала серийно выпускаться машина «Марк-1». А через 5 лет фирма Ferranti выпустила ЭВМ «Pegasus», в которой впервые нашла воплощение концепция **регистров общего назначения** (РОН). Благодаря этой группе регистров устраняется различие между индексными регистрами и аккумуляторами, и поэтому в распоряжении программиста оказывается не один, а несколько регистров — **аккумуляторов** [13, с. 26].

В СССР в 1948 г. проблемы развития вычислительной техники становятся общегосударственной задачей. В ряде организаций страны развернулись работы по созданию серийных ЭВМ первого поколения.

В 1950 г. в Институте точной механики и вычислительной техники (ИТМ и ВТ АН СССР) организован отдел цифровых ЭВМ для разработки и создания большой ЭВМ. Работу этого отдела возглавил С. А. Лебедев (1902—1974). В 1951 г. здесь была спроектирована машина БЭСМ, а в 1952 г. началась ее опытная эксплуатация [22].

В проекте вначале предполагалось использовать память на трубках Вильямса, но до 1955 г. в качестве эле-

ментов памяти в ней использовались ртутные линии задержки. По тем временам БЭСМ была весьма производительной машиной — 8000 оп/с. Она имела трехадресную систему команд, а для упрощения программирования широко применялся метод стандартных подпрограмм, который в дальнейшем положил начало модульному программированию, пакетам прикладных программ [14, с. 10]. Серийно машина стала выпускаться в 1956 г. под названием БЭСМ-2.

В этот же период в КБ, руководимом М. А. Лесечко, началось проектирование другой ЭВМ, получившей название «Стрела». Осваивать серийное производство этой машины поручено московскому заводу САМ. Главным конструктором стал Ю. Я. Базилевский, а одним из его помощников — Б. И. Рамеев, в дальнейшем конструктор машин серии «Урал». Проблемы серийного производства предопределили некоторые особенности «Стрелы»: невысокое по сравнению с БЭСМ быстродействие, просторный монтаж и т. д. В машине применялись 45-дорожечные магнитные ленты в качестве внешней памяти, а оперативная память — на трубках Вильямса. «Стрела» имела большую разрядность и удобную систему команд.

Первая ЭВМ «Стрела» была установлена в отделении прикладной математики Математического института АН СССР (МИАН), а в конце 1953 г. началось серийное ее производство [22].

В лаборатории электросхем Энергетического института АН СССР коллектив под руководством И. С. Брука в 1951 г. построил макет небольшой ЭВМ первого поколения под названием М-1. В следующем году здесь была создана вычислительная машина М-2, которая положила начало созданию экономичных машин среднего класса. Одним из ведущих разработчиков данной машины был М. А. Карцев, внесший впоследствии большой вклад в развитие отечественной вычислительной техники. В машине М-2 использовалось 1879 ламп, меньше чем в «Стреле», а средняя производительность составляла 2000 оп/с. Были задействованы три типа памяти: электростатическая на 34 трубках Вильямса, на магнитном барабане и на магнитной ленте с исполь-

Ламповая ЭВМ М-2

зованием обычного для того времени магнитофона МАГ-8.

В 1955—1956 гг. коллектив лаборатории выпустил малую ЭВМ М-3 с быстродействием 30 оп/с и оперативной памятью на магнитном барабане. Особенность М-3 заключалась в том, что для центрального устройства управления был использован асинхронный принцип работы [15]. Необходимо отметить, что в 1956 г. коллектив И. С. Брука выделился из состава Энергетического института АН СССР и образовал Лабораторию управляющих машин и систем АН СССР, ставшую впоследствии Институтом электронных управляющих машин (ИНЭУМ) [22].

Еще одна малая вычислительная машина под названием «Урал» была выпущена в 1954 г. коллективом сотрудников под руководством Б. И. Рамеева. Эта машина стала родоначальником целого семейства «Уралов», последняя серия которых («Урал-16») была выпущена в 1967 г. Простота машины, удачная конструкция,

невысокая стоимость обусловили ее широкое применение.

В 1955 г. был создан Вычислительный центр Академии наук СССР, предназначенный для ведения научной работы в области машинной математики и для предоставления открытого вычислительного обслуживания другим организациям Академии.

Во второй половине 50-х гг. в нашей стране было выпущено еще восемь типов машин по вакуумно-ламповой технологии. Из них наиболее удачной была ЭВМ М-20, созданная под руководством С. А. Лебедева, который в 1954 г. возглавил ИТМ и ВТ. Машина отличалась высокой производительностью (20 тыс. оп/с), что было достигнуто использованием совершенной элементной базы и соответствующей функционально-структурной организации. Как отмечают А. П. Ершов и М. Р. Шура-Бура [22], «эта солидная основа возлагала большую ответственность на разработчиков, поскольку машине, а более точно ее архитектуре, предстояло воплотиться в нескольких крупных сериях (М-20, БЭСМ-3М, БЭСМ-4, М-220, М-222)». Серийный выпуск ЭВМ М-20 был начат в 1959 г.

В 1958 г. под руководством В. М. Глушкова (1923—1982) в Институте кибернетики АН УССР была создана вычислительная машина «Киев», имевшая производительность 6—10 тыс. оп/с. Машина «Киев» впервые в нашей стране использовалась для дистанционного управления технологическими процессами.

В то же время в Минске под руководством Г. П. Лопато и В. В. Пржиялковского начались работы по созданию первой машины известного в дальнейшем семейства «Минск-1». Она выпускалась Минским заводом вычислительных машин им. Серго Орджоникидзе в различных модификациях: «Минск-1», «Минск-11», «Минск-12», «Минск-14». Машина широко использовалась в вычислительных центрах нашей страны. Средняя производительность машины составляла 2—3 тыс. оп/с.

Производство ЭВМ первого поколения в нашей стране прекратилось в 1964 г. [16].

Успехи полупроводниковой технологии и связанное с этим совершенствование структуры, расширение

ЭВМ «Минск-1»

функций и усложнение задач предопределило смену элементной базы вычислительных машин. Немаловажным обстоятельством для перехода от вакуумно-ламповой технологии к полупроводниковой явились недостатки, свойственные электронным лампам. Большие габариты и большая масса ламповой аппаратуры тяготили разработчиков, а значительное потребление электроэнергии и недостаточная надежность — эксплуатационников ЭВМ. Достаточно вспомнить, что из 18 000 ламп в машине ENIAC ежемесячно заменялось 2000; вакуумно-ламповая технология уже стала тормозом в развитии вычислительной техники.

Джон фон Нейман вспоминал: «Машина так велика, что ее включение каждый раз «уносит» две лампы». Поиск неисправностей занимал до нескольких суток.

Интересно отметить, что пассивные элементы значительно реже выходили из строя. В машине ENIAC использовалось 7000 резисторов, из них были забракованы через 9000 ч работы только пять. Из 10 000 германиевых диодов, установленных в БЭСМ-1, в течение двухлетней эксплуатации заменены единицы.

Новая элементная база ЭВМ — полупроводниковые и магнитные элементы — зарождалась в недрах старой. Сначала лампы были заменены германиевыми диодами в оперативной памяти, затем в арифметическом и управляющем устройствах. Позже в оперативной памяти для реализации логических функций стали применять ферритдиодные ячейки. И наконец, качественный скачок — двойные вакуумные триоды и пентоды, на которых выполнены статические и динамические триггеры, блокинг-генераторы, формирователи и другие узлы, были заменены транзисторами.

Читатель, видимо, уже отметил, что за этот исторически короткий период разными фирмами созданы многие ЭВМ, отличающиеся по архитектуре, аппаратному и математическому обеспечению, элементной базе и другим признакам. Это было начало стихийного процесса, порожденного конкуренцией фирм и конструкторов, процесса негативного, лавинообразного. Страдал от него потребитель (пользователь). Однажды сделав выбор, пользователь вынужден был и в дальнейшем приобретать оборудование только этой фирмы. Машины разных фирм не были согласованы между собой ни в аппаратном, ни в программном отношении. Чтобы воспользоваться продукцией другой фирмы, необходимо было полностью избавиться от ранее приобретенного оборудования. Сделать это не просто — хлопотно и дорого.

Вопросы унификации и стандартизации нигде в мире до конца не разрешены до настоящего времени. Пользователи стали отдавать предпочтение наиболее удачной разработке, а потом уже вынуждены были останавливать свой выбор на наиболее распространенном компьютере, надеясь на взаимный обмен программами и оборудованием. Так, к настоящему времени международным эталоном (условным стандартом), а

попросту наибольшим спросом пользуется оборудование фирмы IBM. Теперь это единственная фирма, имеющая на международном рынке надежные позиции. Естественно, другие фирмы постоянно испытывают судьбу в отчаянных попытках вырвать передовые рыночные позиции у фирмы IBM, но пока они успеха не имели.

Транзисторные ЭВМ

Компьютеры второго поколения. В середине 50-х гг., когда машины первого поколения по своим характеристикам в принципе достигли «насыщения», ряд фирм объявил о ведущихся работах по созданию транзисторных ЭВМ. Некоторые авторитеты в области вычислительной техники, в частности Р. К. Ричардс, считали, что переход к машинам второго поколения будет медленным процессом из-за трудностей производства транзисторной элементной базы и из-за совершенствования характеристик электронных ламп [17, с. 153]. Однако этого не случилось. Преимущества транзистора как схемного элемента машин стали очевидными по мере совершенствования полупроводниковой технологии, и процесс его проникновения в ЭВМ стал необратимым и быстрым.

В 1955 г. в США было объявлено о создании цифрового компьютера TRADIC, построенного на 800 транзисторах и 11 000 германиевых диодах. В этом же году фирма объявила о разработке полностью транзисторной вычислительной машины. Первая такая машина «Philco-2000» была сделана в ноябре 1958 г., она содержала 56 тыс. транзисторов, 1200 диодов, но все же в ее составе использовалось 450 электронных ламп. «Philco-2000» имела 32 индексных регистра, которые позволяли производить модификацию команд, использовать **относительные адреса** и т. д. Сложение в машине выполнялось за 1,7 мкс, умножение — за 40,3 мкс.

Процесс перехода на выпуск серийных компьютеров

второго поколения совершился, можно сказать, сразу во многих странах и примерно в одно и то же время. Так, в Англии транзисторная ЭВМ «Elliot-803» была выпущена в 1958 г., в ФРГ «Simens-2002» — в 1958 г., в Японии Н-1 — в 1958 г., во Франции и Италии — в 1960 г. В СССР группа разработчиков под руководством Е. Л. Брусиловского в 1960 г. в НИИ математических машин в Ереване завершила разработку полупроводниковой ЭВМ «Раздан-2», ее серийный выпуск начался в 1961 г. [18, с. 240].

Необходимо отметить, что в этот период появились ЭВМ второго поколения, построенные на неполупроводниковой элементной базе. Так, в Японии была выпущена ЭВМ «Senac-1» на параметронах. В СССР — «Сетунь», а во Франции — CAB-500 на магнитных элементах. «Сетунь», разработанная в МГУ коллективом под руководством Н. П. Брусенцова, стала первой в мире ЭВМ, работающей в троичной системе счисления.

Значительным событием в конструировании машин второго поколения стали ЭВМ «Atlas» (Англия), «Stretch» и CDC-6600 (США) и БЭСМ-6 (СССР).

Разработка проекта «Atlas» осуществлялась сотрудниками Манчестерского университета и фирмой Ferranti под руководством Г. Килбурна. Первый образец ЭВМ «Atlas» был изготовлен в 1961 г. В этой машине впервые была реализована концепция **виртуальной (кажущейся) памяти** [13].

При разработке ЭВМ «Atlas» конструкторы столкнулись с проблемой создания системы, в которой вся память (и на сердечниках и на барабане) адресовалась бы так, как если бы она была только на сердечниках. Так возник метод разделения памяти на страницы и стала возможным динамическая трансляция адресов аппаратными средствами.

Машина «Atlas» имела высокую производительность — около 900 тыс. оп/с, которая была достигнута за счет совершенствования принципов мультипрограммной работы и применения высокочастотных транзисторов. Идеи **мультипрограммирования** были заложены еще в проектах ЭВМ первого поколения, где пре-

дусматривалось совмещение работы центрального процессора и устройств ввода-вывода.

Некоторые ученые считают разработчиков машины «Atlas» родоначальниками современных **операционных систем** (ОС), которые определили функцию ОС и то значение, которое приобретут они в ЭВМ следующих десятилетий [19, с. 214].

В 1960 г. фирма IBM разработала мощную вычислительную систему «Stretch» (IBM-7030). Ее конструкторы добивались увеличения быстродействия в сотни раз, улучшив технологию производства и структурную организацию машин. По количеству транзисторов система «Stretch» значительно превосходила другие полупроводниковые системы. Всего в машине использовалось 169 тыс. в основном дрейфовых транзисторов, имеющих частоту переключения 100 МГц.

Подобные схемы широко применялись и в дальнейших разработках, где был важен фактор скорости. Схемы собраны на печатных платах, включающих примерно 20 транзисторов разной проводимости с задержкой на вентиль менее 20 нс. Хотя в системе «Stretch» не достигнуты цели, поставленные разработчиками, ее создание привело к значительным улучшениям во всех областях вычислительной технологии. Производительность «Stretch» была на порядок выше созданных к тому времени транзисторных систем: сложение чисел с плавающей запятой производилось за 1,5 мкс, умножение — за 2,7 мкс. Что касается структурной организации машины «Stretch», то при ее создании были воплощены все новые концепции в разработке вычислительных систем, известные до 1960 г. Это прежде всего такое важное техническое решение, как предварительный просмотр команд, или **поточная обработка**. Всего было выпущено семь экземпляров таких машин, одна из них установлена в Лос-Аламосской научной лаборатории [20].

Большой вклад в развитие вычислительной техники, в частности ЭВМ второго поколения, внесла фирма Control data. В 1960 г. здесь была начата разработка машины CDC-6600, а первый образец ее был установлен в Лос-Анджелесе в 1964 г.

В архитектуре CDC-6600 развитие каналов ввода-вывода привело к такому решению, как многопроцессорная обработка. В ЭВМ CDC-6600 многочисленные арифметико-логические устройства совместно с десятью периферийными процессорами обеспечили машине производительность, превышающую 3 млн. оп/с. Это более чем в 3 раза выше производительности ЭВМ «Stretch»[12]. Машина CDC-6600 имела развитое **математическое обеспечение,** основным элементом которого была операционная система SIPROS [Simultaneons Proccesing Operating System).

Концепция множества периферийных процессоров, реализованная в CDC-6600, в дальнейшем получила широкое распространение в неоднородных многопроцессорных вычислительных системах.

В СССР после выпуска первой серийной ЭВМ второго поколения «Раздан-2» было разработано еще около 30 моделей данной технологии.

Минским заводом вычислительных машин им. Серго Орджоникидзе в 1963 г. была выпущена первая транзисторная ЭВМ «Минск-2», затем ее модифицированные варианты: «Минск-22», «Минск-22М», «Минск-23» и в 1968 г. — «Минск-32». Необходимо подчеркнуть, что до появления машин серии «Ряд» машины серии «Минск» играли одну из главных ролей в автоматизации различных отраслей народного хозяйства нашей страны. Например, первые АСУ построены на базе ЭВМ серии «Минск» второго поколения. Уже начиная с первых типов машин «Минск» широко реализовались те структурные усовершенствования, которые были направлены на повышение производительности и надежности при массовом выпуске.

Так, в машине «Минск-22» появился блок прерывания программ, функции которого заключались в приостановке работы центрального процессора на время выполнения операций по вводу-выводу. Реакция на прерывание выполнялась в машине аппаратно [19, с. 73]. Особенности структурной организации «Минск-23» отражали ее назначение — символьную обработку информации, причем на это были ориентированы и внутренний язык, и система команд. ЭВМ «Минск-32» вобра-

ла в себя все лучшее, что было достигнуто в проектах «Минск-22» и «Минск-23» как в структуре машины, так и в ее архитектуре. Развитые системы мультипрограммной работы (одновременно могло работать до четырех программ), связи с внешними объектами, возможность создания на ее основе многомашинных систем (наличие быстрого канала и коммутаторов) и т. д. обеспечили машине заслуженное признание среди пользователей.

В Институте кибернетики АН УССР под руководством В. М. Глушкова в 60-е гг. были разработаны ЭВМ второго поколения, которые относились к разряду малых машин. Среди них ЭВМ «Проминь», выпущенная в 1962 г., ЭВМ «Мир» и «Мир-1» — 1965 г. и ЭВМ «Мир-2» — 1969 г. Эти машины широко применялись в вузах и научно-исследовательских организациях нашей страны. Из особенностей машин данной серии необходимо отметить реализацию принципа магазинного (стекового) обращения к памяти и использование дисплея со световым пером [19].

К числу малых машин, созданных в рамках второго поколения, относится семейство полупроводниковых ЭВМ серии «Наири», которые отличались от машин серии «Мир» некоторыми структурными особенностями. Первая машина семейства («Наири-1») была создана в 1964 г. в НИИ математических машин в Ереване. Затем был выпущен ряд модификаций: «Наири-М», «Наири-С», «Наири-2», «Наири-К», «Наири-3-1», «Наири-3-2». Все эти модификации отличались емкостью оперативной памяти и имели программную совместимость [19].

В этом же году (1964 г.) в Пензе было разработано и запущено в серийное производство семейство полупроводниковых ЭВМ «Урал» (главный конструктор Б. И. Рамеев). В это семейство входили три модели: «Урал-11», «Урал-14» (1965 г.), «Урал-16» (1967 г.) [18, с. 272]. Это первое в нашей стране семейство машин с унифицированной системой организации связи и с периферийными устройствами (унифицированный интерфейс), унифицированными оперативной и внешней памятью. В машинах этого семейства нашли свое во-

Одноадресная система команд БЭСМ-6 подтверждает общую тенденцию повышения гибкости командного управления. Эта ЭВМ общего назначения, ориентирована на решение сложных задач науки и техники.

площение многие идеи, которые затем широко использовались в ЭВМ третьего поколения (развитая система прерываний, эффективная система защиты памяти, развитое математическое обеспечение и т. д.). Причем некоторые идеи разработчиков семейства «Уралов» были высказаны раньше концепции семейства IBM-360. В ЭВМ «Урал-16» успешно прошла испытания операционная система, осуществлявшая пакетную обработку данных [19, с. 104].

Самая производительная отечественная ЭВМ первого поколения М-20 положила начало семейству машин с общей идеологией и программной преемственностью, реализация которого осуществлялась в 60-е гг.

уже в рамках второго поколения. В этом семействе были выпущены машины типов: БЭСМ-3М, БЭСМ-4, М-220 и М-222. Несмотря на различие элементной базы, по структурной организации ЭВМ БЭСМ-3М, БЭСМ-4 и даже М-220 мало чем отличались от М-20. В то же время ЭВМ БЭСМ-4 и М-222, преемственные по системе команд с ЭВМ М-20, обладали чертами, характерными для ЭВМ третьего поколения [19, с. 93].

Трудно переоценить то значение и то влияние на развитие вычислительной техники, которые имело создание высокопроизводительной и оригинальной по архитектуре отечественной вычислительной системы БЭСМ-6. В ней использованы 60 тыс. транзисторов и 200 тыс. полупроводниковых диодов, причем высокая надежность машины обеспечена большим запасом мощности основных схем — диоды и транзисторы были нагружены на 25—40% от допустимого предела. Имея исключительно высокое быстродействие — 1 млн. операций/с, БЭСМ-6 обладала отличным коэффициентом отношения производительности к стоимости вычислений, так как при ее проектировании учитывались вопросы элементной базы, серийность выпуска, стоимость разработки.

Разработка БЭСМ-6 осуществлена под руководством С. А. Лебедева и В. А. Мельникова в ИТМ и ВТ. Серийный выпуск начат в 1967 г. Как показали годы эксплуатации машины, цели, поставленные разработчиками, — создание быстродействующей серийной ЭВМ, удовлетворяющей современным требованиям с точки зрения автоматизации программирования и развития операционных систем, — были достигнуты. Машина БЭСМ-6 обладала рядом интересных особенностей по организации виртуальной памяти, по принятому в ее структурной организации принципу «водопровода» (предложенного еще ранее С. А. Лебедевым), по организации прерываний и защиты памяти, по организации связи с каналами и периферийными устройствами [19, с. 105].

Выпуск ЭВМ второго поколения продолжался до 70-х гг., причем отдельные типы выпускались и позже. Это обстоятельство было связано с тем, что разработчи-

кам элементной базы машин третьего поколения долгое время не удавалось достичь тех параметров быстродействия, которые были свойственны высокочастотным транзисторам и диодам [14, с. 14].

Выделяя основной признак второго поколения — транзисторную элементную базу, нельзя не упомянуть еще об одном признаке, характерном для машин тех лет, который иногда называют лицом поколения. Речь идет о становлении и развитии в данный период концепции математического обеспечения и алгоритмических языков.

Одной из проблем конца 50-х гг., затруднявших развитие вычислительной техники, было отсутствие стандартных языков программирования. Первой попыткой решения данной проблемы явилось создание в 1958 г. алгоритмического языка АЛГОЛ. Язык был создан группой ученых американской Ассоциации по вычислительной технике и западногерманской Ассоциации по прикладной математике. В том же году американской Ассоциацией по вычислительной технике был создан первый **транслятор** для этого языка. В 1960 г. была опубликована законченная спецификация этого языка под названием АЛГОЛ-60.

В мае 1959 г. военное ведомство США также предприняло шаги к созданию общепринятого языка программирования. Группа, объединившаяся под эгидой комитета Кодасил, разработала алгоритмический язык КОБОЛ, ориентированный на решение экономических задач. (В СССР используется русский вариант этого языка).

В начале 60-х гг. было разработано еще несколько базовых языков программирования. Так, сотрудник фирмы IBM Кеннет Айверсон в 1962 г. предложил язык APL. Этот символический язык был разработан для определенных прикладных программ, но специфическая нотация затрудняла его использование.

В 1963 г. сотрудники фирмы IBM и группа ее пользователей начали разработку универсального языка, который был бы удобен не только для задач вычислительного характера, но и для обработки текстов, что затруднительно было делать при программировании

на ФОРТРАНе и КОБОЛе. В результате в 1965 г. появился язык PL/1.

Проблемы обучения студентов основам программирования заставили ученых искать пути создания простого алгоритмического языка. В 1964 г. Джоном Кемени и Томасом Курцем из Дармутского колледжа был разработан язык БЕЙСИК — универсальный символический язык для начинающих, который в дальнейшем (конец 70-х и 80-е гг.) нашел широкое применение в микроЭВМ и персональных компьютерах [12, с. 148].

В конце 50-х и начале 60-х гг. масштабы использования программных средств неизмеримо возросли, и постепенно сложилась ситуация, при которой стало ясно, что программный продукт должен быть неотъемлемой частью машины и поставляться пользователям вместе с аппаратной частью (hardware), образуя интегрированную систему программирования. Так сложилась концепция **математического обеспечения** (software).

В нашей стране началом разработки и развития концепции математического обеспечения, очевидно, был 1961 г. В июле этого года пользователи машин М-20 объединились в ассоциацию (в дальнейшем аналогичные ассоциации были созданы для машин серии БЭСМ, «Урал», «Минск», «Наири» и др.). В задачи ассоциации, в частности, входили: выработка единого языка программирования и организация обмена программами и алгоритмами, организация работ по созданию стандартных программ и по автоматизации программирования. Первыми образцами программной продукции были: интерпретирующая система ИС-2 для использования подпрограмм, разработанная группой под руководством М. Р. Шура-Буры; трансляторы ТА-1 и ТА-2 для реализации АЛГОЛа-60, разработанные группами С. С. Лаврова и М. Р. Шура-Буры [22, с. 10]. В 1964 г. начали создавать первые мультипрограммные системы для пакетной обработки с использованием загрузчиков и ассемблеров, работающих в автоматическом режиме с помощью языков управления заданиями [22, с. 13].

Итоги разработки трансляторов в нашей стране были подведены на 2-й региональной конференции со-

циалистических стран, состоявшейся в Киеве в 1963 г. На этой конференции были заложены основы международного сотрудничества в области программирования. Впоследствии была создана рабочая группа ГАМС, которая разработала проект международного стандарта на подмножество АЛГОЛа-60, получившее название АЛГАМС. Деятельность рабочей группы ГАМС и других рабочих групп — это пример международного научно-технического сотрудничества, нашедшего свое полное воплощение в работах по созданию ЕС ЭВМ и СМ ЭВМ [22, с. 10—12].

Предыдущий раздел был закончен описанием процесса стихийного развития конструкций компьютеров, порожденного конкуренцией фирм и диктатом рынка. Процесс для пользователя назван негативным. Эта же причина — жесткой конкурентной борьбы — стала для пользователя и благодатной почвой, на которой для него вырос широкий набор сервисных устройств и услуг. Однако наряду с этим пользователь все же мог приобрести дешевые вычислительные устройства. Снижение цен на компьютеры получило устойчивую тенденцию.

Чем можно было привлечь покупателя к своей продукции? В основном набором устройств, программ, предоставляющим удобство работы с компьютером, простотой в обращении, надежностью, красивым внешним видом и удобной компоновкой узлов и блоков. И второй момент: автоматизация процесса производства позволила выпускать все более дешевые вычислительные машины.

Компьютер получил удобное устройство ввода-вывода (клавишное устройство). Тонкие, красивые клавиши, удобно расположенные, имеют к тому же тактильную обратную связь. Благодаря такой связи пользователь может контролировать срабатывание контакта.

Различные манипуляторы, дисплеи, графопостроители, печатающие устройства, читающие приставки — все это предлагают сегодня фирмы для компьютеризации и автоматизации вашего рабочего места. Это еще поддержано широкой номенклатурой различных

программ для всевозможных применений, выпускаемых огромными тиражами и потому легко доступных для пользователей.

Эпоха интегральных схем

Компьютеры третьего поколения. Достижения в производстве полупроводниковых приборов, освоение групповых методов изготовления диодов и транзисторов, разработка фотолитографических и диффузионных методов и процессов заложили фундамент планарно-диффузионной технологии. Применение планарно-диффузионной технологии позволило создать транзисторы с частотой переключения 10 ГГц.

Потребности авиационной и космической техники наметили общую тенденцию развития элементной базы ЭВМ, а именно тенденцию уменьшения габаритов, массы, потребляемой мощности, повышения надежности. Все это, в свою очередь, определило потребности вычислительной техники, для которой характерно использование большого количества однотипных логических элементов, и послужило основой для разработки и внедрения в производство методов так называемой интегральной технологии..Эти методы позволили перейти при конструировании вычислительных систем от отдельных диодов и транзисторов к интегральным схемам и от второго поколения ЭВМ к третьему.

В декабре 1961 г. специальный комитет фирмы IBM, изучив техническую политику фирмы в области разработки вычислительных машин, представил руководству план-отчет создания серии программно и аппаратно совместимого семейства ЭВМ на микроэлектронной основе, охватывающего диапазон производительности между ЭВМ IBM-1401 и IBM-7090. В плане, кроме того, указывалось, что семейство машин должно быть универсальным с точки зрения его использования в различных областях научного и коммерческого

характера. Машины этого семейства должны были иметь общий стандартный интерфейс с периферийными устройствами, с линиями связи.

Работу по реализации плана возглавили два ведущих разработчика фирмы Д. Амдал и Г. Блау. Работая с проблемой производства логических схем, они предложили при создании семейства использовать гибридные микросхемы, так как были убеждены, что монолитные интегральные схемы не будут еще выпускаться в достаточном количестве. Для производства гибридных микросхем в 1963 г. при фирме было открыто отдельное предприятие.

В начале апреля 1964 г. фирма IBM объявила о создании шести моделей своего семейства IBM-360 («System-360»). Президент фирмы Г. Уотсон назвал это событие «самым важным в истории фирмы», практика окончательно закрепила этот факт как знаменательный в развитии вычислительной техники. Семейство машин IBM-360 возвестило появление компьютеров третьего поколения.

Кроме моделей 30, 40, 50, 60, 62, 70, фирма выпустила 19 новых систем памяти и 26 устройств ввода-вывода. IBM-360 — это первое семейство, в котором применялось **микропрограммирование.** Благодаря этому новшеству машины семейства, несколько отличающиеся своими аппаратными средствами, могли работать с одним и тем же составом команд. Семейство перекрывает производительность от нескольких десятков тысяч до нескольких миллионов операций в секунду.

За 6 лет существования семейства фирма IBM выпустила более 33 тыс. машин. Затраты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы обошлись фирме примерно в полмиллиарда долларов (для сравнения: разработка ЭВМ ENIAC стоила около 600 тыс. долларов) [12, с. 142].

Так же как при создании аппаратных средств семейства, у создателей IBM-360 встретились трудности при разработке программных средств операционной системы, которая должна быть единой для всех моделей. Разработка программных средств операционной

системы затянулась, и фирма выпустила для малых и средних моделей усеченный ее вариант под названием DOS (дисковая операционная система), исключив 31 функцию. А затем была выпущена мощная операционная система OS/360 для больших машин.

До конца 60-х гг. фирма IBM в общей сложности выпустила более 20 моделей семейства IBM-360. Модель 85 была первой машиной, в которой для повышения скорости доступа к памяти была применена КЭШ — память, а модель 195 — первая машина, где применялись монолитные интегральные схемы [12, с. 145]. КЭШ — от французского слова cache — тайник.

Создание моделей семейства IBM-360 оказало огромное влияние на весь ход развития вычислительной техники. Структура и архитектура этих вычислительных машин с теми или другими изменениями в элементной базе были воспроизведены в ряде семейств ЭВМ многих стран.

В конце 1970 г. фирма IBM стала выпускать новое семейство вычислительных машин IBM-370, которое сохранило программную преемственность с IBM-360, однако имело и много изменений [19, с. 188]. Фирма IBM назвала это семейство машинами 3,5-го поколения (как бы промежуточными между машинами третьего и четвертого поколений). Модели семейства IBM-370 были построены целиком на монолитных интегральных схемах. Структурные изменения связаны с включением в состав моделей памяти КЭШ-типа, блока **мультиплексных каналов,** появлением адаптеров интегрированных **файлов,** наличием виртуальной памяти [19, с. 188].

Модель 145 семейства IBM-370 была первой ЭВМ, в основной памяти которой применялись исключительно интегральные схемы, что означало закат ферритовой памяти. Фирма IBM анонсировала в разное время более десятка моделей семейства.

Модели семейства IBM-370 имели еще одно преимущество по сравнению с семейством IBM-360: из них можно было комплектовать многомашинные и многопроцессорные вычислительные системы, работающие на общее поле оперативной памяти или на общее поле

ЕС-1021 — одна из семейства цифровых вычислительных машин, характеризующихся программной совместимостью.

внешней памяти и каналов связи [19, с. 189].

Почти одновременно с фирмой IBM ЭВМ третьего поколения начали выпускать в США и другие фирмы. В 1966—1967 гг. серии вычислительных машин третьего поколения были выпущены фирмами Англии, ФРГ и Японии. В Англии фирмой ICL был освоен выпуск семейства машин «System 4» программно преемственных с IBM-360. Было выпущено пять моделей, которые охватывают диапазон производительности от 15 до 300 тыс. оп/с. В ФРГ были выпущены машины серии 4004, разработанные фирмой Siemens, которые полностью копировали модели семейства «Spectra-70», а в Японии — машины серии «Hytac-8000», разработанные фирмой Hytachi, которые являлись модификацией семейства «Spectra-70» [18, с. 299]. Другая японская фирма Fujtsu в 1968 г. объявила о создании серии ЭВМ

ЕС-1061

«FACOM-230». Машины этой серии охватывали диапазон от малой модели с номером 10 до мультипрограммной модели 60.

В Голландии фирма Philips Gloeilampenfabriken, образовавшая отделение по выпуску вычислительных машин, в 1968 г. выпустила серию ЭВМ третьего поколения P1000 модели 30, 40, 50, сравнимые с моделями IBM-360 [12, с. 149].

Придавая огромное значение проблемам создания ЭВМ третьего поколения, в декабре 1969 г. правительства НРБ, ВНР, ГДР, ПНР, СССР и ЧССР подписали многостороннее Соглашение о сотрудничестве в области разработки, производства и применения средств вычислительной техники. (В 1972 г. к этому соглашению присоединилась республика Куба, в 1973 г. — СРР.) Для реализации целей Соглашения и осуществления ру-

ководства была организована Межправительственная комиссия, состоящая из уполномоченных представителей правительств сотрудничающих стран [21, с. 7].

Созданный в этот же год Совет главных конструкторов взял на себя функции планирования, выработки технической политики, разработки стандартов, контроля за ходом проектирования и изготовления.

На выставке «ЕС ЭВМ-73» (1973 г.) были показаны первые результаты этого сотрудничества — шесть моделей ЭВМ третьего поколения, несколько десятков типов периферийных устройств, четыре операционных системы ЕС ЭВМ первой очереди. Все это было разработано менее чем на четыре года [24. с. 34].

Модели первой очереди «Ряд-1» Единой системы ЭВМ включали: ЕС-1010 (ВНР), ЕС-1020 (СССР, НРБ), ЕС-1021 (ЧССР), ЕС-1030 (СССР, ПНР), ЕС-1040 (ГДР), ЕС-1050 (СССР) с диапазоном производительности от 3 до 500 тыс. оп/с. Модели первой очереди имели развитую логическую структуру и систему команд, программную совместимость и стандартные средства для подключения внешних устройств, современную конструктивно-технологическую базу и ЗУ высокого быстродействия, возможность создания на их основе многомашинных и многопроцессорных систем, широкую номенклатуру периферийных устройств, обеспечивающих работу ЭВМ во всех существующих режимах использования, включая режим телеобработки [23, с. 42].

С 1975 г. начался выпуск модернизированных моделей первой очереди ЕС-1012, ЕС-1022, ЕС-1032, ЕС-1033, которые имели лучшее отношение производительность/стоимость, в них использовалась новая серия логических интегральных схем и схем полупроводниковой памяти. А годом раньше начались работы над второй очередью ЕС ЭВМ.

К этому времени сотрудничество ученых и специалистов Соглашения настолько окрепло, что стало возможным формирование программы «Ряд-2», полностью базирующейся на стандартах ЕС ЭВМ и не учитывающей специфики технической ориентации некоторых стран, как это было при формировании программы

«Ряд-1». Программа разработки второй очереди единой системы ЭВМ включала создание около 150 типов периферийных устройств и семи моделей ЕС ЭВМ: ЕС-1035, ЕС-1060, ЕС-1065 (СССР), ЕС-1025 (ЧССР), ЕС-1055 (ГДР), ЕС-1045 (ПНР), ЕС-1015 (ВНР). С 1977 г. началось серийное производство этих моделей [24].

Мощная модель второй очереди ЕС-1065 представляет собой многопроцессорную систему, состоящую из четырех процессоров, работающих на общее поле памяти емкостью 16 Мбайт. Машина выполнена на интегральных схемах расширенной серии ИС-500 и имеет производительность 4—5 млн. оп/с, сравнимую с аналогичными зарубежными мощными ЭВМ третьего поколения [24, с. 36].

В рамках программы Ряд-2 младших моделей ЕС-1015, ЕС-1025, ЕС-1035 были созданы две новые операционные системы — ДОС-3 и ОС 6.0. В ОС 6.0 по сравнению с ранними разработками имеется ряд новых дополнительных возможностей: обеспечена работа механизма виртуальной памяти, использованы новые команды, средства регистрации программных событий, новая служба времени, введен монитор динамической отладки, существенно упростивший отладку системных программ, осуществлена динамическая реконфигурация внешних устройств, обеспечен удаленный ввод заданий с дисплея и т. д. В 1978 г. в ОС ЕС введен **режим разделения** на уровне управляющей программы (в ранних изданиях этот режим был реализован только с помощью прикладных программ и диалоговых трансляторов) [24, с. 39].

Завершая рассмотрение развития ЭВМ третьего поколения, необходимо подчеркнуть, что начиная с середины 60-х гг. элементная база перестала быть главным определяющим признаком поколения. Предпочтение стали отдавать архитектуре, функционально-структурной организации и программному обеспечению машин. Надо заметить в связи с этим, что в СССР первой ЭВМ на интегральных схемах в принципе была машина «Наири-3», разработанная в 1970 г. в Ереване в НИИ математических машин под руководством

Г. Е. Овсепяна. Но по своей идеологии она относилась к машинам второго поколения.

Термин «архитектура ЭВМ» появился в начале 60-х гг., его предложила группа разработчиков фирмы IBM. Он предназначался для описания программных средств моделей семейства IBM-360 [25, с. 3]. В настоящее время под архитектурой ЭВМ понимается совокупность объектов, наблюдаемых программистом, работающим на машинном языке, и правил манипуляции этими объектами. Структурная организация представляет собой конкретную реализацию архитектуры.

Единство архитектуры семейства машин и стало важнейшей концепцией ЭВМ третьего поколения.

В ЭВМ третьего поколения нашла свое воплощение еще одна концепция — это работа машины в режиме разделения времени. Если в машинах первого поколения основным методом использования (способом общения) был непосредственный доступ, а в машинах второго — пакетная обработка, то в ЭВМ третьего поколения основным методом использования стал **режим разделения времени.**

Разделение времени представляет собой наиболее развитую форму многопрограммной работы. «Оно не было следствием открытия какого-либо нового принципа, просто стало ясно, что существующие технические средства можно использовать гораздо лучше, чем до сих пор», — писал М. Уилкс. Идея разделения времени была высказана в 1959 г. англичанином К. Стрейчи. Она была использована сотрудниками Массачусетского технологического института Ф. Корбато и Р. Фано, которые летом 1963 г. ввели в эксплуатацию (на IBM-7090) первую совместимую систему разделения времени.

Исследования систем с разделением времени у нас в стране были начаты в 1966 г. в Вычислительном центре Сибирского отделения АН СССР. Был создан и реализован проект АИСТ (автоматическая информационная станция) на основе отечественных машин «Минск-22», М-220, БЭСМ-6 [26, с. 40].

При использовании ЭВМ третьего поколения для управления технологическими процессами в системах массового обслуживания, информационно-справочных

системах нашла свое воплощение также одна из форм разделения времени — это режим **реального масштаба времени**, идеи которого были выдвинуты в конце 50-х гг.

С машинами третьего поколения связано еще одно значительное событие вычислительной технологии — это разработка и внедрение визуальных устройств ввода-вывода алфавитно-цифровой и графической информации с помощью электронно-лучевых трубок — дисплеев, использование которых позволило достаточно просто реализовать возможности вариантного анализа.

История появления первых прототипов современных дисплеев относится к послевоенным годам. В 1948 г. Г. Фуллер, сотрудник лаборатории вычислительной техники Гарвадского университета, описал конструкцию нумероскопа. В этом приборе, работавшем под управлением ЭВМ, на экране ЭЛТ отображались цифровые данные [12, с. 130]. Почти 20 лет понадобилось для того, чтобы экранные терминалы (дисплеи) стали неотъемлемой частью ЭВМ. Дисплей принципиально изменил процесс ввода-вывода данных и упростил общение с компьютером.

В 70-х гг. благодаря появлению микропроцессоров стало возможным осуществлять буферизацию как данных, принимаемых с экранного терминала, так и данных, передаваемых ЭВМ. Благодаря этому регенерацию изображения на экране удалось реализовать средствами самого терминала. Появилась также возможность редактирования и контроля данных перед их передачей в ЭВМ, что уменьшило число ошибок [12, с. 170].

На экране появился курсор — подвижная отметка, индицирующая подлежащий изменению символ или строку и место, куда будет внесено изменение. Экран дисплея стал цветным. Появилась возможность отображения на экране сложных графических изображений с легко перестраиваемой структурой рисунка — свойство, очень ценное для работы инженера в диалоговом режиме, а также для создания интересных компьютерных игр.

Переход к третьему поколению был наиболее революционным. Уже первые примитивные интегральные схемы перевели бистабильный элемент в кристалл. Все проблемы измерения и согласования физических характеристик приборов перешли в руки технологии, а синтез ЭВМ стал проводиться сразу на логическом уровне. Микроэлектроника, доведя до совершенства приемы прошлого и дополнив их множеством новых, создала в технологии иерархические процессы циклических групп операций.

Высокопроизводительные компьютеры

Прослеживая историю развития вычислительной техники, можно заметить, что увеличение производительности вычислительных машин шло двумя путями. Первый путь — совершенствование аппаратного обеспечения, главным образом за счет повышения быстродействия элементной базы. Второй — реализация новых архитектурных решений и принципов организации вычислений.

К одному из ярких примеров проявлений новых архитектурных решений и принципов параллелизма относится разработка и создание многомашинных и многопроцессорных вычислительных систем.

Идеи параллелизма обработки данных возникли практически одновременно с идеями построения самих вычислительных машин. Еще Ч. Бэббидж отмечал возможность совмещения длинных серий идентичных операций.

В 1957 г. академик С. А. Лебедев сформулировал принципы совмещения операций и выдвинул идеи создания многомашинных и многопроцессорных систем. Он говорил, что одним из «возможных путей (увеличения производительности — **А. Ч.**) ...может явиться параллельная работа нескольких машин, объединенных общим дополнительным устройством управления и с

обеспечением возможности передачи кодов чисел с одной машины на другую. Однако может оказаться более целесообразным создание ряда параллельно работающих отдельных устройств машины» [27].

Первые опыты объединения машин в систему относятся к 1954 г., когда под руководством А. Л. Лейнера были непосредственно связаны между собой машины SEAC и DYSEAC [51]. В 1958 г. в системе резервирования билетов для американских авиалиний SABRE была использована связка двух машин IBM-7090. В начале 60-х гг. для научных исследований был создан многомашинный комплекс DCS (Direct Coupled System) на основе машин IBM-704X и IBM-709X.

Необходимо отметить, что на ранних этапах создания многомашинных систем основные цели комплексирования сосредоточивались на разгрузке большой ЭВМ от функций по вводу-выводу данных и передаче этих функций малой машине — сателлиту, а также на повышении надежности и живучести всей системы. В дальнейшем разработка многомашинных систем была направлена на повышение производительности [51, с. 22].

Концепция многомашинных **однородных вычислительных систем** или систем с программируемой структурой была впервые сформулирована советскими учеными Э. В. Евреиновым и Ю. Г. Косаревым в 1962 г. [28]. Система «Минск-222» стала первой реализацией данной концепции [29], она разработана институтом математики СО АН СССР совместно с конструкторским бюро Минского завода вычислительных машин им. Серго Орджоникидзе. Первый образец ЭВМ «Минск-222» установлен в апреле 1966 г. в институте математики АН БССР.

В дальнейшем одним из перспективных направлений развития многомашинных вычислительных систем стало создание этих систем из мини-ЭВМ.

Сотрудниками института математики СО АН СССР совместно с Северодонецким научно-производственным объединением «Импульс» в 1976 г. был разработан проект мини-машинной программно-коммутируемой системы МИНИМАКС, относящейся к одно-

родным системам с программно-настраиваемыми каналами связи между элементарными машинами.

Интересна разработка однородной вычислительной мини-машинной системы СУММА, созданной в 1977 г. на базе отечественных мини-ЭВМ «Электроника-100» и «Электроника-100И». Она ориентирована на работу в автоматизированных системах управления технологическими процессами. Институтом математики СО АН СССР и НИЦЭВТом разработан проект однородной вычислительной системы на основе машин ЕС-1060. Суммарная производительность ее определяется числом процессоров и составляет от 2 до 20 млн. оп/с.

Создание и выпуск в нашей стране однородных вычислительных систем стали значительным достижением в области построения многомашинных вычислительных средств с программируемой структурой.

Подклассом высокопроизводительных систем являются **многопроцессорные вычислительные системы**, в которых процессоры имеют свободный доступ к оперативной памяти и к каналам ввода-вывода и которые управляются общей операционной системой. Многомашинная вычислительная система (или комплекс) — это система, включающая несколько ЭВМ, каждая из которых имеет свой процессор, свою память, свои периферийные устройства, и работает под управлением собственной операционной системы. Между ЭВМ существуют связи, позволяющие им совместно выполнять определенные функции.

Многопроцессорная ВС (ВК) — это система, включающая несколько процессоров, имеющих доступы к общей оперативной памяти, общим периферийным устройствам и работающих под управлением единой операционной системы.

Необходимо заметить, что построение многомашинных систем из серийно выпускаемых ЭВМ со стандартными операционными системами проще, чем построение многопроцессорных систем, требующих преодоления определенных трудностей, связанных с реализацией общего поля памяти и разработкой специальной операционной системы.

Корни развития принципов многопроцессорной обработки, как ни странно, надо искать в недрах аналоговой вычислительной техники, в принципах аналоговых вычислений. Действительно, аналоговая вычислительная машина являет собой пример многопроцессорной системы, в которой происходит параллельная обработка (решение) задач (систем дифференциальных уравнений) на всех операционных блоках, входящих в структурную схему.

В цифровых ЭВМ, начиная с машины ENIAC, были заложены идеи мультипроцессирования. В арифметическом устройстве ENIAC имелось 20 сумматоров, что позволяло одновременно выполнять несколько операций сложения и вычитания.

Впервые модульная реализация с идентичными процессорами была осуществлена в системе D-825 фирмы Burroughs, выпущенной для военного назначения в 1962 г. Общая память системы, состоящая из 16 модулей, разделялась между четырьмя процессорами. К важной черте системы относится создание одной из первых современных операционных систем ASOP (Automatic Operating and Scheduling Program). Для невоенного применения система D-825 выпускалась под названием B5500 [30].

В дальнейшем фирмой Burroughs были созданы более совершенные модели многопроцессорных вычислительных систем (B6500, B6700, B7700), в которых воплощены многие новые идеи параллельной обработки. В конце 70-х гг. фирма выпустила средние и большие системы (с индексом 800) — B-3800 (1986 г.) B-4800 (1976 г.), B-6800 (1977 г.), B-7800 (1978) [51, с. 226].

Наиболее мощной системой, построенной по единой многопроцессорной конфигурации, является система B-7800, производительность центрального процессора которой составляет 8 млн. оп/с. (система имеет четыре центральных и четыре периферийных процессора). В дальнейшем фирма Burroughs начала выпускать вычислительные системы с индексом 900, причем в 1982 г. она анонсировала самую большую систему в этом семействе (B-7900), имеющую произ-

водительность до 14 млн. оп/с. В основу архитектуры системы B-7900 положен принцип распределенной обработки, предполагающий использование нескольких специализированных функциональных подсистем с различным назначением и производительностью.

Работы по созданию различных типов многопроцессорных систем успешно развивались во многих странах.

В СССР концепции мультипроцессирования нашли свое выражение при создании семейства вычислительных комплексов «Эльбрус». Это семейство разрабатывалось в ИТМ и ВТ АН СССР [31]. К началу 1978 г. появилась опытная партия первой модели этого семейства — «Эльбрус-1», модель имела производительность от 1,5 до 12 млн. оп/с. В состав нового МВК входило до десяти центральных процессоров, до четырех процессоров ввода-вывода и до 16 процессоров приема-передачи данных. В 1980 г. система «Эльбрус-1» прошла производственные испытания и был налажен ее промышленный выпуск. Было освоено четыре модификации.

В 1966 г. вышла статья М. Флинна «Высокоскоростные вычислительные системы», в которой он предложил их классификацию, основанную на потоках команд и потоках данных. Такая классификация стала широко использоваться при идентификации параллельных вычислительных систем. По структурным признакам М. Флинн разделил все системы на четыре типа: ОКОД, МКОД, ОКМД и МКМД.

Структура типа ОКОД (SISD — Single Instruction Single Data Stream) — обработка с одиночным потоком команд и одиночным потоком данных. Такая структура типична для систем с однопроцессорной организацией, т. е. для ЭВМ первых трех поколений, основанных на принципах последовательного централизованного управления, определенных Д. фон Нейманом.

Структура типа МКОД (MISD — Multiple Instruction Single Data Stream) — обработка с несколькими потоками команд и одиночным потоком данных (конвейерная или магистральная обработка данных).

Структура типа ОКМД (SIMD — Single Instruction Miltiple Data Stream) — с одиночным потоком команд и несколькими потоками данных (матричная и ассоциативная обработка данных).

При структуре типа МКМД (MIMD — Multiple Instruction Multiple Data Stream) с несколькими потоками команд и несколькими потоками данных реализован общий случай обработки в многопроцессорных системах и вычислительных сетях.

Идея конвейерного принципа организации управления, с помощью которого достигается высокий параллелизм обработки потоков команд и данных, принадлежит академику С. А. Лебедеву (1964 г.). Он назвал его принципом водопровода. В конвейерных вычислительных системах процессор состоит из конвейера блоков обработки данных, причем выходные данные i-го блока обработки являются входными данными i+1-го блока и т. д.

Одной из первых конвейерных систем высокой производительности была система STAR-100 (STring And ARray), разработанная фирмой Control data. Система STAR-100 анонсирована в 1970 г., серийный выпуск начат с августа 1973 г. Производительность системы составляет 100 млн. оп/с.

Система STAR-100 состояла из подсистемы обработки данных и подсистемы, выполняющей функции операционной системы. Другая ранняя вычислительная система структуры МКОД — (ASC Advanced Scintific Computer) была выпущена в ноябре 1972 г. фирмой Texas Instruments. Она включала от 1 до 4 центральных процессоров-магистралей, и ее производительность достигала 100 млн. оп/с.

Интерес к конвейерным вычислительным системам объяснялся тем, что они позволили преодолеть барьер производительности ЭВМ третьего поколения. И неудивительно, что некоторые машины третьего поколения (CDC-6600, CDC-7600, IBM-360/91, IBM-360/195) уже имели блоки конвейерной обработки.

В 1972 г. фирма Control data начала выпуск семейства конвейерных систем CYBER.

В 1971 г. один из главных разработчиков высоко-

производительных ЭВМ фирмы Control data С. Крей организовал собственную фирму Cray Research, которая спустя 5 лет выпустила мощный конвейерный компьютер «Cray-1» с производительностью 80 млн. оп/с. В середине 70-х гг. «Cray-1» был самым производительным компьютером, основанным на конвейерном принципе векторной и скалярной обработки данных [12]. В 1981 г. фирма Cray Researsh построила более мощную систему «Cray-2» с производительностью 200 млн. оп/с, затем «Cray-1S», а в 1982 г. — «Cray X-MP» с усовершенствованным режимом скалярной и векторной обработки и уменьшенным временем цикла машины.

Впервые структура матричного компьютера (структура ОКМД) была определена в начале 60-х гг., когда американский ученый Д. Слотник опубликовал статью о проекте ЭВМ SOLOMON (32]. Планировалось, что система SOLOMON будет иметь матрицу 32×32 обрабатывающих элементов, причем управление матрицей должно было осуществляться с помощью управляющей машины, имеющей память для хранения программ. Проект SOLOMON промышленного воплощения не имел, а модифицированный вариант системы под названием ILLIAC-IV был создан в 1972 г. Система разработана в Иллинойском университете совместно с фирмой Burroughs. ILLIAC-IV имела солидные характеристики: производительность — 200 млн. оп/с, масса — 75 т, занимаемая площадь 930 м^2. При разработке проекта ILLIAC-IV планировалось создание матричной ЭВМ с производительностью около 1 млрд. оп/с. Для достижения такой производительности система должна была содержать 250 процессорных элементов, работающих под общим управлением и сгруппированных в четыре квадранта. В ходе реализации проекта ввиду его технической сложности и высокой стоимости был построен только один квадрант [51, с. 319].

В СССР направление ОКМД-структуры получило свое развитие в вычислительной системе М-10, созданной под руководством М. А. Карцева. Серийные образцы этой системы показали высокие эксплуатационные характеристики [33]. Необходимо отметить,

ЕС-1066

что система М-10 обеспечивает высокую эффективность, если алгоритм допускает глубокое распараллеливание задач с одновременным выполнением одинаковых команд.

В рамках структуры ОКМД рассматриваются также системы ассоциативной обработки данных. Первая ассоциативная вычислительная система «Staran-IV» с производительностью 40 млн. оп/с была разработана в 1971 г. фирмой Goodyear Aerospace. Год спустя модифицированный вариант демонстрировался на выставке TRANSPO в Вашингтоне, а в 1973 г. были разработаны промышленные ее варианты под названием «Staran S». Основой данной системы служит **процессор,** под которым фирма Goodyear понимает ассоциативную память, основанную на логических принципах.

В начале 80-х гг. структуры типов ОКМД и МКМД (те и другие на многопроцессорной основе) стали доминирующими при создании высокопроизводительных систем.

В СССР в эти годы в Институте проблем управления АН СССР под руководством члена-корреспондента АН ГССР И. В. Прангишвили были разработаны высокопроизводительные многопроцессорные системы ПС-2000 и ПС-3000. Эти системы, содержащие до 64 процессорных элементов, построены на микропроцессорной базе и имеют суммарную производительность 200 млн. коротких операций в секунду [34].

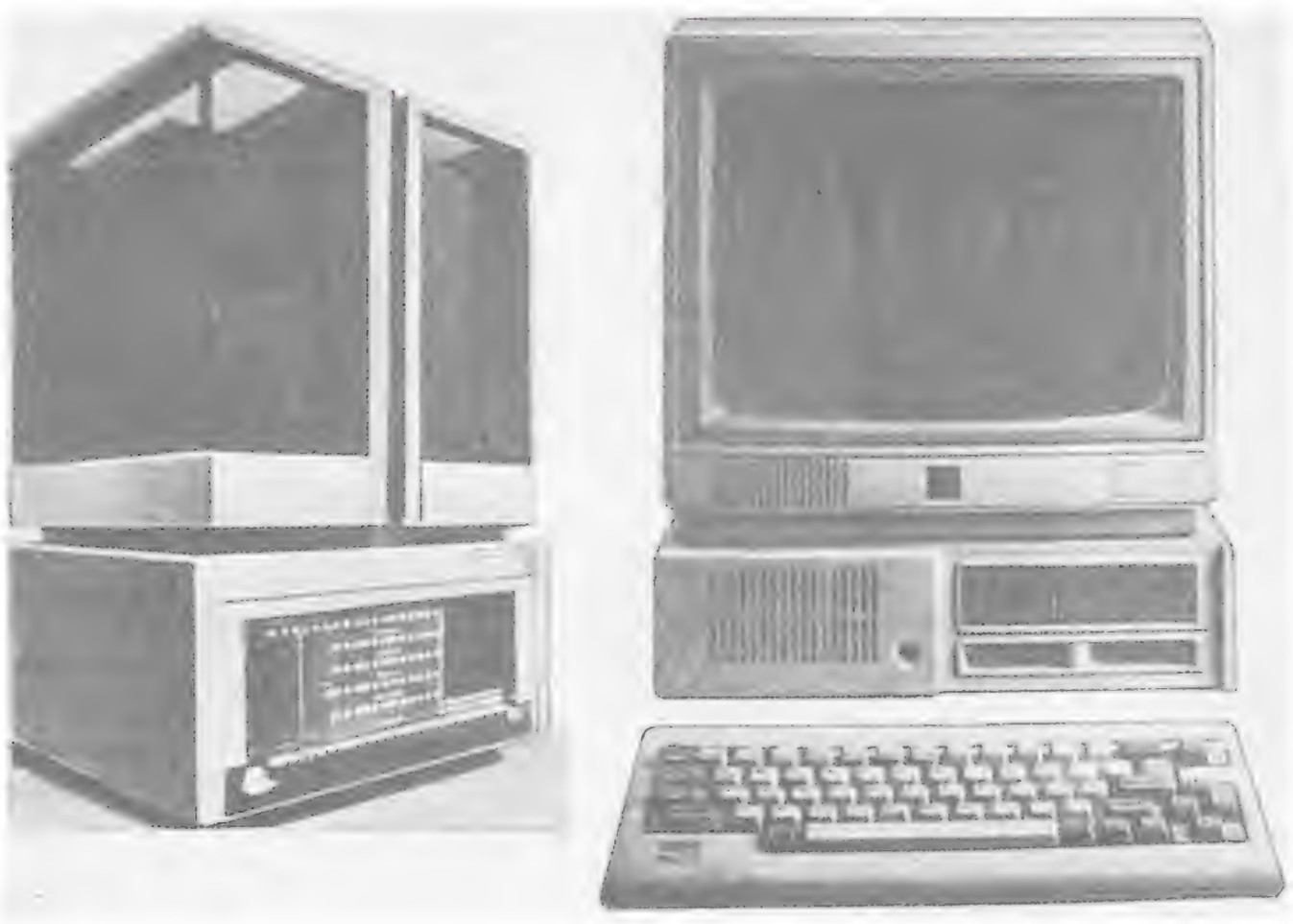
Прогресс в области разработки интегральных схем высокой степени интеграции создал предпосылки для создания вычислительных систем четвертого поколения и в рамках ЕС ЭВМ (Ряд-3). В 1976 г. Совет главных конструкторов утвердил «Основные концепции развития ЕС ЭВМ «Ряд-3». Серийный выпуск ЭВМ «Ряд-3» начался в 1981 г. машиной ЕС-1036 с производительностью 0,4 млн. оп/с. Затем в 1984 г. появились ЕС-1046 с производительностью 1 млн. оп/с и ЕС-1066 с производительностью 5 млн. оп/с. Все ЭВМ «Ряд-3», так же как и «Ряд-1 и 2», могут быть объединены в двухмашинные системы, а ЕС-1066 и в двухпроцессорные.

В дальнейшем в рамках развития ЕС ЭВМ был намечен выпуск ЕС-1037 с производительностью 0,6 млн. оп/с, ЕС-1077 с производительностью 2,5 млн. оп/с, ЕС-1087 с производительностью 10÷18 млн. оп/с [35].

В Институте проблем кибернетики АН СССР под руководством академика В. А. Мельникова в 80-х гг. развернулись работы по созданию высокопроизводительной вычислительной системы с более перспективной многопроцессорной организацией. В этой системе задача распараллеливания решается на основе специализации процессоров [36].

Мини-ЭВМ

В начале «эры мини-ЭВМ» конструкторы создали так называемые малые вычислительные машины. Малые ЭВМ стали выделять из всей совокупности производи-



Мини-ЭВМ PDP-8 **Персональный компьютер PC IBM**

мых ЭВМ по их «малой стоимости», причем некоторые ученые приводили такое определение малой машины: это ЭВМ, цена которой уменьшается на 25% в год с начальной цены 60 тыс. долл.

Мини-ЭВМ — в том смысле, в каком их теперь принято классифицировать, появились в середине 60-х гг. Термин **мини-ЭВМ** родился в 1968 г. Считается, что первой мини-ЭВМ была 12-разрядная машина PDP-5 («Programed Data Processor-5»), созданная фирмой DEC (Digital Equipment Corp.) [37].

Машина PDP-5 была спроектирована для управления атомным реактором. Через два года фирма DEC усовершенствовала конструкцию PDP-5 и стала выпускать новую модель под названием PDP-8. В принципе PDP-5 и PDP-8 не относились к ЭВМ с коротким **машинным словом.**

В 1960 г. были выпущены машины CDC-160,

TRW-130, IBM-1620, однако основные идеи мини-ЭВМ в них не нашли своего отражения, хотя в этих машинах впервые была использована **относительная** и **косвенная адресация,** что было вызвано короткой длиной слова.

Первые мини-ЭВМ PDP-5 и PDP-8 в идеологическом плане имеют предшественника. Об этом говорил президент фирмы DEC К. Олсон: «Скорее всего, машина PDP-8 была одной из важнейших вех на пути развития вычислительной техники, который начался еще с ЭВМ «Whirlwind-1», созданной Массачусетским технологическим институтом в начале пятидесятых годов». Один из создателей первых мини-ЭВМ К. Олсон ушел из МТИ в 1957 г. и организовал фирму DEC. «По своим размерам «Whirlwind-1» не была малой машиной, — вспоминает он. — Ее схемы занимали несколько огромных стоек высотой 3,0 м и шириной 0,66 м. Однако «Whirlwind-1» была характерной мини-ЭВМ, так как длина машинного слова была относительно коротка (16 разрядов). Эта машина имела систему отображения на ЭЛТ и **световое перо,** внешнюю память на магнитной ленте, запоминающее устройство на магнитном барабане, а также другое оборудование, которое во многом было сходно с тем, что используется в современных мини-ЭВМ. В ней использованы команды умножения и деления. Главным достоинством «Whirlwind-1» и ключевой идеей, положенной в основу организации машины PDP-8 и сегодняшних мини-ЭВМ, является их доступность: «знакомство с машинами вызывает ощущение, что в них легко разобраться и их несложно использовать» [38].

Вслед за PDP-8 в конце 1965 г. разными фирмами были выпущены еще три мини-ЭВМ: DDP-116,DATA-620, IBM-1800. Разработка этих машин определила некоторые фундаментальные особенности в архитектуре всех последующих мини-ЭВМ. Во-первых, в состав АЛУ было введено несколько регистров в отличие от одного накапливающего регистра, используемого в первых мини-машинах. Во-вторых, в этих машинах была введена система с многоуровневым прерыванием. В-третьих, для машин DDP-116 был разработан комп-

лект программ, получивший название селектора ввода-вывода, предназначенный для управления операциями ввода-вывода. Этот комплект можно считать аналогом одного из ключевых элементов современных операционных систем. В-четвертых, для машин IBM-1800 была разработана программа-монитор, действовавшая в реальном масштабе времени [37].

Так закончился начальный период развития мини-ЭВМ. С конца 60-х гг. начался следующий этап эволюции мини-ЭВМ, в производство которых включились десятки стран.

Период 1970—1974 гг. характеризуется созданием семейств программно-совместимых мини-ЭВМ, среди которых необходимо отметить такие машины семейств, как PDP-11 фирмы DEC, «Nova» фирмы Data General, HP-2100 фирмы Hewlett-Packard, «Minisystem / 700» фирмы Honeywell, «System 7» фирмы IBM и др.

В это время стратегия развития мини-ЭВМ определяется тремя главными требованиями пользователей: низкая стоимость, высокая производительность, простое программирование. Эти улучшенные показатели достигаются главным образом в результате использования БИС, памяти сверхбольшого объема, внешних мини-устройств, новой комплексной системы программного обеспечения.

К началу 80-х гг. многие фирмы выпустили мини-ЭВМ с улучшенными рабочими характеристиками.

Эра отечественных малых ЭВМ началась в 1959 г., когда в ВЦ МГУ была разработана вычислительная машина «Сетунь». Машина имела 18 троичных разрядов (длинное слово) или 9 разрядов (короткое слово). Особенности структуры ЭВМ «Сетунь» предопределили принципы построения малых машин, получивших дальнейшее развитие в мини-ЭВМ. В 1962—1964 гг. «Сетунь» выпускалась серийно [40]. В 1963 г. в Ленинграде была выпущена малогабаритная управляющая вычислительная машина УМІ-НХ, предназначенная для автоматизации управления технологическими процессами. Машина обрабатывала 15-разрядные слова. В УМІ-НХ имелось встроенное устройство связи с объектом. В дальнейшем для снижения стоимости и

повышения технологичности и серийности была проведена модернизация машины, после чего она стала одной из самых дешевых отечественных управляющих машин. Коллектив создателей УМІ-НХ (Ф. Г. Старос, С. А. Майоров, В. М. Вальков и др.) был удостоен Государственной премии СССР.

В этот же период в Институте кибернетики АН УССР под руководством В. М. Глушкова и Б. Н. Малиновского были разработаны управляющие вычислительные машины «Днепр».

В 1971—1975 гг. было освоено производство управляющих вычислительных комплексов АСВТ-М, М-6000, М-7000, М-400, М-40, ставших основой технической базы АСУ ТП и системы автоматизации научных экспериментов. Вычислительный комплекс М-7000, разработанный Северодонецким НПО «Импульс» имени XXV съезда КПСС, был удостоен Большой золотой медали Лейпцигской ярмарки. Мини-ЭВМ, созданные в социалистических странах, отличались своими высокими техническими параметрами и развитым программным обеспечением. Это — ИЗОТ-310 (НРБ); ЕС-1010, ТПА/70 (ВНР), Роботрон-4000,-4200 (ГДР); СИД-1000, СИД-2000 (Куба); МЕРА-400 (ПНР); Феликс-32 (СРР), РПП-16 (ЧССР). Однако работы проводились без надлежащей координации, и это не позволяло взаимно использовать полученные результаты из-за несовместимости машин в техническом и программном отношении.

Учитывая важность координации работ в этом направлении вычислительной техники для развития народного хозяйства социалистических стран, в середине 1974 г. было принято решение об организации совместных работ по мини-ЭВМ в рамках Межправительственной комиссии по сотрудничеству социалистических стран в области вычислительной техники. Для организации разработки мини-ЭВМ (СМ ЭВМ) был создан Совет главных конструкторов СМ ЭВМ.

По плану разработки средств СМ ЭВМ предусматривалось создание за период 1976—1980 гг. первой очереди функционально полного набора технических средств для компоновки различных систем автомати-

зации. В 1977—1979 гг. прошли испытания 28 компонентов программного обеспечения — операционных систем и **пакетов прикладных программ.**

В 1977 г. принята «Концепция развития СМ ЭВМ второй очереди, в 1978 г. — «Предварительный проект второй очереди СМ ЭВМ». Разработана «Программа ОКР по созданию второй очереди СМ ЭВМ».

Как отмечает руководитель работ академик Б. Н. Наумов, «создание СМ ЭВМ первой очереди привело к значительному повышению технического уровня малых ЭВМ, выпускаемых промышленностью социалистических стран. В 5 раз уменьшились физические размеры комплексов, в 2 раза снизилась их стоимость, показатели надежности улучшились в 2 раза. Этого удалось достичь благодаря переходу в процессорах к микропрограммному управлению, использованию микросхем с повышенной степенью интеграции и улучшенным контактам разъемов, применению малогабаритных источников питания, использованию компактных периферийных устройств, повышению технологичности конструкций» [41].

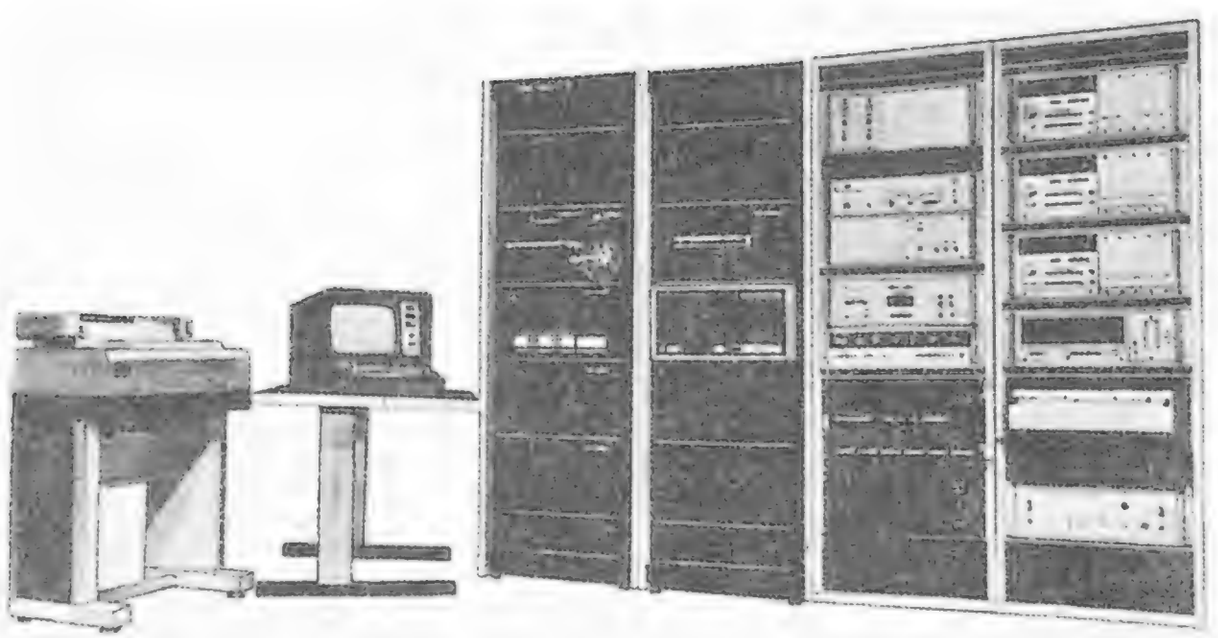
Модели СМ-ЭВМ первой очереди по своему техническому уровню значительно отличаются от машин — предшественников серии АСВТ-М, но сохраняют программную совместимость с последними (СМ-1, СМ-2 с М-6000, М-7000 и СМ-3, СМ-4 с М-400).

За разработку и организацию серийного производства комплексов технических и программных средств СМ-3 и СМ-4 в 1981 г. коллективу создателей во главе с академиком Б. Н. Наумовым в 1981 г. была присуждена Государственная премия СССР.

В моделях второй очереди СМ ЭВМ предусмотрено значительное расширение номенклатуры мини-ЭВМ с учетом их специализации. В 1982 г. была разработана международная программа развития СМ ЭВМ до 1987 г. (третья очередь СМ ЭВМ). Особое внимание уделяется разработке технических и программных средств для построения локальных вычислительных сетей и разработки микро-ЭВМ в рамках СМ ЭВМ [42].

В рамках второй очереди СМ ЭВМ была выпущена

Микро-ЭВМ СМ-1810



Вычислительный комплекс СМ-1301

мини-ЭВМ СМ-1300, которая программно совместима с СМ-3, но превосходит последнюю по производительности в 2—2,5 раза. В середине 80-х гг. серийно выпускается ее модификация СМ-1300.01, оперативная память которой увеличена в 2 раза по сравнению с СМ-1300.

В рамках третьей очереди СМ ЭВМ была выпущена мини-ЭВМ СМ-1420, программно совместимая с СМ-4 и с емкостью оперативной памяти 2 Мбайта. На базе моделей СМ-4 и СМ-1420 отечественной промышленностью был освоен выпуск двухпроцессорных неоднородных вычислительных комплексов СМ-1410 и СМ-1600 [43, 46].

Наряду с разработкой мини-ЭВМ в рамках СМ ЭВМ в СССР в середине 70-х гг. была разработана серия мини-ЭВМ «Электроника-100», которая предназначалась для использования в качестве управляющих вычислительных комплексов, научно-технических расчетов, в работе в составе больших вычислительных систем. В 1982 г. коллективу создателей этой серии мини-машин была присуждена Государственная премия СССР [44].

Микропроцессоры и микро-ЭВМ

Колоссальные успехи в развитии интегральных схем, которые были достигнуты на пороге 70-х гг, предвосхитили начало эры микропроцессоров и микро-ЭВМ. Предпосылки для этих достижений были созданы после освоения технологии БИС с МОП-структурой. Эта технология постоянно совершенствовалась и использовалась для создания сдвигающих регистров, мультиплексоров, оперативной и постоянной памяти умеренной сложности.

В эти годы резко возросло производство различных типов калькуляторов, в которых для уменьшения стоимости и габаритов широко внедрялись ИС и БИС.

Разработчики калькуляторов ставили перед разработчиками БИС задачу создания специализированных БИС по МОП-технологии.

Сотрудник фирмы Intel Марчиан Хофф, ответственный за прикладные исследования, сделал для себя заключение, что создать калькулятор, содержащий 3—5 тыс. транзисторов, существующими средствами невозможно (такой заказ поступил от японской фирмы Busicom). Он рассудил, что сложность калькулятора может быть сильно уменьшена, если использовать в нем небольшой универсальный процессор. Такой подход для системы, использующей программное обеспечение вместо электронной логики, обязательно потребует оснащения калькулятора мощной системой машинной памяти. Однако к этому времени на фирме Intel закончилась разработка микросхемы, содержащей 1 кбит памяти. Стало ясно, что разрабатываемый процессор будет иметь очень широкое применение.

Инженеры фирмы Busicom до предела упростили свой проект калькулятора, но все равно каждая микросхема должна была содержать более 2000 транзисторов, а для всего калькулятора требовалось 12 таких микросхем. Группа М. Хоффа определила, что для их процессора потребуется всего 1900 транзисторов. Таким образом универсальный процессор Хоффа выиграл соревнование с проектом инженеров фирмы Busicom, и фирма Intel получила от Busicom заказ на производство микросхем универсального процессора. Позже он получил название Intel 4004.

В ноябре 1971 г. фирма Intel рекламировала свой процессор как 4-разрядный, выполняющий 60 тыс оп/с. К февралю 1972 г. фирма продала этих процессоров на сумму 85 тыс. долларов.

В июне 1971 г. фирма Intel выпустила первое микропроцессорное семейство «Intel-4004». Комплект микросхем данного семейства (**микропроцессорный комплект**) был разработан Ф. Фэггином, и включал ПЗУ на 256 байт, ЗУПВ (запоминающее устройство с произвольной выборкой) на 32 бита, 10-рязрядный сдвигающий регистр и расширитель и 4-разрядный микропроцессор (изготовлен по р-канальной МОП-техноло-

гии). Первый 4-разрядный микропроцессор был выполнен на кристалле размером 3,8×2,8 мм и содержал 2250 транзисторов.

Во время разработки микропроцессора 4004 фирма CTC предложила фирмам Intel и TI разработать БИСы для ее нового интеллектуального терминала. В результате TI получила патент на свою микросхему, а фирма Intel дала производству 8-разрядный процессор 8008. Кристалл размером 3,18×4,31 мм, заключенный в 18-контактный корпус, содержал АЛУ, семь 8-разрядных регистров данных и стековую память. Микропроцессор 8008 требовал по меньшей мере 20 микросхем поддержки, но мог выполнять 45 команд со скоростью 30 тыс. команд в секунду и мог адресовать чудовищный (для того времени) объем памяти — 16 кбайт.

В 1973 г. фирма Intel выпустила первые микро-ЭВМ «Intellec-4» и «Intellec-8», содержащие микропроцессоры 4004 и 8008 соответственно.

В апреле 1974 г. фирма Intel заставила нас навсегда изменить представление о вычислительной машине, объявив о создании нового, значительно усовершенствованного микропроцессора 8080. Использование новой *n*-канальной технологии позволило (по сравнению с МП 8008) увеличить производительность в 10 раз [12]. Микропроцессор 8080 (40-контактный *n*-канальный МОП-прибор) требовал всего шесть микросхем поддержки, выполнял 75 команд, имел вдесятеро большую пропускную способность и адресовал 64 кбайт памяти. Он больше походил на вычислительную машину, чем все то, что было до него, а с точки зрения аппаратуры был гораздо проще в применении.

В январе 1975 г. фирма MIT построила вычислительную машину «Альтаир 8800» на основе МП 8080. Весь набор этой вычислительной машины (МП 8080, процессорная плата, блок питания, клавишная панель, 256 байт памяти) продавался за 395 долларов (это не опечатка!). Фирма MIT продала в первый день большее количество компьютеров, чем надеялась продать за всю жизнь этой разработки.

Годом позже на основе технологии комплементарных МОП-схем фирма RCA изготовила первый К-МОП-

микропроцессор. В марте 1974 г. фирма Motorola выпустила микропроцессор M 6800, имеющий шинную организацию, подобную организации мини-ЭВМ PDP-11. Этот микропроцессор продавался по цене 179 долларов, а на ближайшей ярмарке МП 6501 (подобный 6800) стоил уже 25 долларов. Подобная конкурентная «война» работала на самое широкое внедрение микропроцессоров в производство, породила лавинный процесс применения микропроцессоров — от детских игрушек и бытовых приборов до мощных промышленных систем.

В 1976 г. фирма Zilog объявила о создании МП Z80, значительно усовершенствованного варианта МП 8080. Новый микропроцессор включал весь набор команд МП 8080, но тактовая частота его (4МГц) была вдвое большей. Кроме того, Z80 выполнял 176 команд(!) Успех МП Z80 был обеспечен и другими его возможностями. Наличие в нем схемы регенерации динамической памяти позволяло использовать дешевые системы. Например микро-ЭВМ TRS80 использовали именно это преимущество. Динамические устройства памяти (RAM) были вчетверо дешевле своих статистических конкурентов (в расчете на бит). Однако из-за того, что приходилось постоянно регенерировать такую память (иначе она забывает свои данные) практическое использование динамической памяти было минимальным. Теперь ситуация изменилась в ее пользу.

А почему бы не сделать аппаратурную часть также легко переносимой, как и программное обеспечение? Так родился МП 8088, имеющий внутри МП 8086, а снаружи 8-разрядную шину данных. Для большей эффективности МП 8086 также содержал внутри себя два микропроцессора: один выполнял обработку данных (команды), другой (называемый «устройство шинного интерфейса») обеспечивал все связи с внешним миром и генерацию адреса. В МП 8086 на шине главного процессора «подвешен» сопроцессор, расширяющий функции главного.

Благодаря повышению уровня интеграции некоторые периферийные функциональные узлы были размещены на одном с микропроцессором кристалле, тем

самым упрощено сопряжение. Так появились однокристальные микро-ЭВМ, ознаменовавшие открытие новых областей применения вычислительной техники.

Первую однокристальную микро-ЭВМ под названием «Intel-8048» выпустила фирма Intel, однако патент на однокристальную микро-ЭВМ был выдан еще в 1971 г. М. Кочрену и Г. Буну — сотрудникам фирмы Texas Instruments [12, с. 166]. Микро-ЭВМ «Intel-8048» содержала МП, ОП, ПЗУ и средства ввода-вывода, а в конце 1976 г. в ее состав было введено ППЗУ со стиранием информации ультрафиолетовыми лучами. Однокристальные и одноплатные микро-ЭВМ стали совмещать в себе узлы различного функционального назначения. Разработчики сделали важный вывод: микро-ЭВМ могут не только успешно конкурировать с мини-ЭВМ, а в отдельных случаях способны превзойти по производительности и большие ЭВМ. Начало этому положило создание 16-разрядных микропроцессоров. На кристалле площадью 33 мм^2 16-разрядного высокопроизводительного микропроцессора 8086, изготовленного фирмой Intel по МОП-технологии, размещалось более 29 тыс. транзисторов. За МП «Intel-8086» последовали выпуски 16-разрядных МП фирм Zilog (Z-8000), Motorola (M-68000). Микропроцессор M-68000, выпущенный в конце 70-х гг., содержал 68 тыс. транзисторов на кристалле размером 44,3 мм^2 и имел регулярную структуру с четким разбиением на отдельные функциональные узлы [12, с. 167].

В середине 1978 г. фирма Intel выпустила систему 8022, совмещающую в одном кристалле микро-ЭВМ и АЦП (аналого-цифровой преобразователь), что сделало экономически оправданным установку микро-ЭВМ практически в любом контуре управления. В следующем году эта же фирма разработала периферийный процессор 8089, ставший третьим основным процессором в семействе МП-8086 и первым МП, способным обеспечить функцию ввода-вывода и прямого доступа к памяти.

В начале 80-х гг. появились 32-разрядные микропроцессоры, разработанные с применением новых высокоэффективных архитектурных решений. На Меж-

дународной конференции по интегральным схемам 1981 г. отмечалось, что наступила эра 32-разрядных микропроцессоров — на конференции было представлено четыре таких прибора: 3-кристальный 32-разрядный IAPX-432 фирмы Intel, однокристальный 32-разрядный «Мас-32» фирмы Bell и микропроцессор аналогичной разрядности HP 32-бит фирмы Hewlett-Packard и NS-16000 фирмы National Semiconductor.

Микропроцессор iAPX-432, выполненный по технологии высококачественных (high performance) МОП-схем или Н-МОП-схем, имеет оригинальную архитектуру и обладает производительностью 2 млн. оп/с, превышающей производительность современной мини-ЭВМ DEC VAX-11/780 и соответствующей производительности большой ЭВМ IBM-370/158. Этот микропроцессор в отличие от других имеет блочную структуру, в которой микропрограммная операционная система управляет каждым блоком, памятью, взаимодействием блоков, планирует параллельную обработку и отображает виртуальное пространство объемом 240 байт на физическую память емкость 2^{24} байт. На трех кристаллах микропроцессора iARX-432 удалось разместить 225 тыс. транзисторов (первый МП «Intel-4004» содержал их в 100 раз меньше).

В 1982 г. фирма Status Computer выпустила отказоустойчивую высокопроизводительную 32-разрядную микропроцессорную систему «Status-32», построенную на базе однокристальных микропроцессоров М-68000.

Ранее отмечалось, что МП берут свое начало от трех совершенно различных как по истории своего возникновения, так и по ставившимся при их создании целям микропроцессоров «Intel-4004», «Intel-8008» и GPSP фирмы NS. Но если данный факт не вызывает споров, то в вопросе о поколениях МП такого единства мнений не было. В противоречивой трактовке поколений микропроцессорных систем нет ничего удивительного, это лишний раз подтверждает, насколько бурно развивается одна из прогрессивных областей полупроводниковой технологии, когда «старые» рамки категорий уступают место новым.

Рассматривая процесс смены поколений МП, можно отметить, что он аналогичен процессу эволюции больших и мини-ЭВМ. Это обусловлено тем, что как возникновение, так и последующее развитие всех трех типов вычислительных систем на протяжении многих лет определялись совершенствованием технологии. Так, например, лишь после развития на достаточно высоком уровне технологии производства транзисторов были созданы первые большие ЭВМ с развитой архитектурой (БЭСМ-6, IBM-360). Аналогичным образом появление ИС низкой степени интеграции позволило создать мини-ЭВМ с развитой архитектурой (PDP-11). Появление р-канальной МОП-технологии создания БИС позволило разработать первый микропроцессор, появление и совершенствование n-канальной технологии привели к разработке МП второго поколения и т. д. Эти аналогии наглядно демонстрируют, что в процессе развития систем непрерывное совершенствование старых и создание новых технологий, пригодных для практического воплощения, расширение и усложнение функций, реализуемых системами, приводят к непрерывному совершенствованию функционально-структурной организации систем, их прогрессивному развитию.

В СССР в годы десятой пятилетки были разработаны девять типов микропроцессорных комплектов БИС. Комплекты К580, К582, К586, содержащие однокристальные МП, эффективно стали использовать при построении устройств цифровой автоматики и **контроллеров.** Комплекты К536, К581, К584, К587, К588 и К589 предназначены в первую очередь для построения микро-ЭВМ, их можно использовать при построении ряда совместимых микро-ЭВМ «Электроника НЦ». Все эти микро-ЭВМ имели производительность 10^3—10^6 оп/с. Комплект К589 предназначен для систем быстродействующей автоматики, в настоящее время он широко используется при разработке отечественных микро-ЭВМ серии СМ ЭВМ [44, 45].

С 1981 г. в нашей стране освоено серийное производство микро-ЭВМ СМ-1800 по программе третьей очереди СМ ЭВМ. Основными областями использования СМ-1800 стали: гибкие автоматизированные произ-

водства, автоматизированные системы научных исследований и системы автоматизированного проектирования. С 1984 г. был начат выпуск микро-ЭВМ СМ-1804, предназначенных для работы в многоуровневых системах управления технологическими процессами. Дальнейшее развитие серии СМ-1800 получило свое воплощение в создании 16-разрядной микро-ЭВМ СМ-1810, производительность которой увеличилась в 10 раз, а применение качественно новых устройств памяти на жестких магнитных дисках винчестерского типа позволило увеличить ее емкость до 100 Мбайт [43]. В начале 80-х гг. освоен серийный выпуск однокристальных микропроцессоров серии КР-1801 и КР-1806 [47].

Накопленный опыт создания и внедрения ЕС и СМ ЭВМ указал на необходимость и важность сотрудничества стран СЭВ и в области микропроцессорной техники. На XXXV заседании сессия СЭВ в 1981 г. приняла решение о разработке программы сотрудничества по проблеме развития и широкого использования в народном хозяйстве микропроцессорной техники на 1982—1990 гг.

Секретариатом СЭВ был подготовлен проект программы, который рассмотрен и одобрен Комитетом СЭВ по научно-техническому сотрудничеству. В июне 1982 г. заключено генеральное соглашение о сотрудничестве стран—членов СЭВ в области микроэлектроники. В нем предусмотрено совместное проведение работ по организации кооперированного производства широкой номенклатуры автоматизированных технологических комплексов, машин и приборов, оснащенных микропроцессорными средствами программного управления.

Программа сотрудничества содержит свыше 70 конкретных тем (заданий). Например, до 1990 г. должно быть создано 52 головных (типовых) комплексов и изделий, оснащенных микропроцессорными средствами, 28 комплексов и изделий будет поставлено на серийное производство. Организация странами СЭВ разработки типовых микропроцессорных систем позволит путем тиражирования ускорить их освоение на аналогичных автоматизируемых комплексах [48].

Оставим персональной ЭВМ «делать то, что она может делать лучше, чем любой из созданных приборов: концептуально мыслить». Стивен Джобс

Персональные ЭВМ

В середине 70-х гг. микропроцессорная революция вступила в новую фазу, которая была ознаменована созданием первых персональных ЭВМ (ПЭВМ). В принципе переход к этой фазе с точки зрения разработчиков микропроцессорных систем носил эволюционный характер, однако с точки зрения пользователя — революционный. В лице ПЭВМ массовый пользователь получил средство для усиления своих интеллектуальных возможностей.

Создателями первого персонального компьютера были два молодых американских техника: Стивен Джобс, работавший в фирме Atari, и Стив Возняк из компании Hewlett Packard. Летом 1976 г. в гараже роди-

телей Джобса они соорудили то, что впоследствии было названо персональной ЭВМ, и окрестили это «Apple» — яблоко. «Как только мы в первый раз включили свою «Apple», — рассказывает С. Джобс, — все наши друзья захотели иметь такой же...» Уже в середине 1977 г. на промышленном рынке появились первые экземпляры «Apple-II» (его фото приведено на 1-й стр. обложки).

В развитии персональных компьютеров выделяют два поколения. ПЭВМ первого поколения базировались на 8-разрядных микропроцессорах типа «Intel-8080» и Z-80 и имели оперативную память емкостью до 64 Кбайт.

ПЭВМ второго поколения базировались на 16-разрядных микропроцессорах типа «Intel-8086», «Intel-8088», М-68000 и имели оперативную память емкостью от 1 до 16 Мбайт.

Значительным событием в развитии ПЭВМ явилась разработка фирмой IBM в конце 1981 г. персонального компьютера PC IBM, воплотившего в себе лучшие черты второго поколения ПЭВМ. В дальнейшем развитие этой серии персональных ЭВМ шло по пути увеличения производительности и создания на их основе интеллектуальных терминалов и терминальных станций.

Создатели первого персонального компьютера образовали фирму Apple, которая с конца 70-х гг. стала самым известным разработчиком ПЭВМ. В середине 80-х гг. эта фирма выпускала два класса персональных ЭВМ: 8-рязрядные «Apple-II» и «Apple-III» и высокопроизводительные ПЭВМ «Lisa» и «Macintoch». Наряду с фирмой Apple одно из ведущих мест в США занимает фирма Tandy, выпускающая ПЭВМ серии TRS-80, модели 4, 12, 16. [49, с. 22].

Многие страны включились в производство персональных компьютеров: фирма Olivetti (Италия), Triumph-Adler (ФРГ), Mycron (Норвегия), Fujitsy (Япония) и др. Работы по созданию персональных ЭВМ проводятся и в социалистических странах. Так, НРБ выпустила ПЭВМ «Правец-82», ПНР — «Мэритум-1, 2, 3», ГДР — «Robotron-1715», ВНР — PRIMO, ЧССР — PMD-85 [49].

В СССР в начале 80-х гг. выпускалось более десяти

ЕС-1840

типов ПЭВМ, обладающих высокими эксплуатационными характеристиками [50, с. 17]. Министерством электронной промышленности (МЭП) серийно выпускается диалоговый вычислительный комплекс (ДВК) «Электроника НЦ-80-20», предназначенный для использования в системах автоматизации конторских работ, системах обработки текстовой и графической информации; микро-ЭВМ индивидуального пользования «Электроника БК0010», и БК0011, которые представляют собой диалоговые системы минимальной конфигурации, допускающие сопряжение с бытовым телевизором и магнитофоном; настольная микро-ЭВМ «Электроника-ДЗ-28», широко используемая в вузах и в медицине. Министерством промышленности средств связи выпускается ПЭВМ ВЭФМИКРО, используемая в различных измерительных и автоматизированных системах. Минприбором — «Искра-226», «Искра-1256», «Искра-2106» и ПС-320, причем за создание и внедрение в народное хозяйство семейства проблемно-ориентированных вычислительных комплексов на основе персональной ЭВМ «Искра-226» коллективу разработчиков в 1985 г. была присуждена Государственная премия СССР.

Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы на период до 2000 года предусмотрено: «Организовать массовый выпуск персональных компьютеров».

На пути к созданию вычислительных систем пятого поколения

В конце 70-х гг. многие ведущие ученые в области систем обработки данных, высказывавшиеся и ранее о приближающемся кризисе традиционных ЭВМ, пришли к выводу о необходимости отказа от основных концепций неймановской архитектуры и создания вычислительных систем на качественно новых принципах.

Первая и наиболее обширная программа исследований и разработки ЭВМ нового поколения была предложена Научно-исследовательским центром по обработке информации в 1980—1981 гг. в Японии. В конце 1980 г. JIPDEC опубликовал отчет, в котором были представлены рекомендации по разработке ЭВМ пятого поколения. Был создан специальный комитет во главе с профессором Токийского университета Т. Мото-ока.

Японский проект построения ЭВМ пятого поколения ориентирован на использование концепции управления вычислениями с помощью потоков данных в отличие от предшествующих поколений ЭВМ, управляемых потоком команд.

В качестве базового языка в японской программе выбран язык логического программирования Prolog, который был разработан в 1972 г. группой сотрудников Марсельского университета под руководством А. Кольмерауэра. Первоначально этот язык был создан для целей трансляции выражений в рамках работы над проектом в области искусственного интеллекта. В дальнейшем язык Prolog был значительно усовершенство-

ван, и его широкое использование началось после создания эффективного компилятора языка для машин фирмы DEC. В Эдинбургском университете под руководством Д. Уоррена и Ф. Перейра была создана наиболее распространенная версия этого языка, получившая название «DEC-10 Prolog».

Основу машин пятого поколения составляют системы решения проблем и выполнения логических заключений. Производительность опытного образца системы должна составлять 10^2—10^3 млн. LIPS (LIPS — одно логическое заключение в секунду. В таких единицах предлагается измерять производительность для ЭВМ нового поколения. Необходимо заметить, что для реализации одного логического заключения в существующих ЭВМ необходимо 100—1000 операций.

Цель исследований в архитектурном плане — создание такой архитектуры, которая обеспечивала бы решение задач, связанных с представлением и обработкой знаний, а также ее реализация средствами СБИС с плотностью компоновки 1—10 млн. вентилей на кристалл. Предполагается, что рубеж 10 млн. будет достигнут к 90-м гг. [53].

В 1982—1985 гг. в рамках реализации проекта были построены персональные ЭВМ, предназначенные для использования в качестве рабочих станций проектирования будущих ЭВМ. В это время разработаны основные модули операционной системы SIMPOS для персональных компьютеров и завершена разработка экспериментального образца машины для параллельного выполнения логических заключений. В конце 1985 г. была создана машина реляционной базы знаний, получившая название «Delta« [52].

Японский проект создания ЭВМ нового поколения был встречен с большим интересом во многих странах. Под влиянием этого проекта в США и ряде западноевропейских стран было создано несколько организаций, объединившихся под эгидой исследований и разработок ЭВМ пятого поколения.

В США работы по созданию ЭВМ пятого поколения сосредоточены в четырех организациях, координирующих деятельность большого числа фирм, университе-

тов и государственных учреждений. В 1980 г. для координации разработок ЭВМ пятого поколения был также создан Микроэлектронный центр штата Северная Каролина.

Появилась и английская программа перспективных исследований «Alvey», рассчитанная на 5 лет и предусматривающая создание систем, необходимых для реализации интеллектуального интерфейса человека и ЭВМ, создание баз знаний и управление ими, разработку программного обеспечения перспективных ЭВМ, совершенствование технологии производства СБИС и создание СБИС сверхвысокого быстродействия. В рамках реализации этой программы разрабатывается 32-разрядный компьютер «Alice», в процессорных модулях которого используются так называемые транспьютеры — однокристальные процессоры фирмы Inmos, являющиеся, как полагают многие специалисты, основой будущих машин.

Двенадцать фирм стран Европейского экономического сообщества выдвинули свою программу по созданию машин нового поколения, получившую название «ESPRIT» («European Strategic Program for Research in Information Technologis»). Одна из важнейших задач программы ESPRIT — создание единой сети информационного обмена IES («Information Exchange System»), которая предусматривает объединение систем обработки данных и систем информационного обеспечения западноевропейских стран. Цели проекта близки к тем, которые поставлены в японском проекте [52].

В 1984 г. сессией СЭВ на 41-м (внеочередном) заседании была разработана и принята «Комплексная программа научно-технического прогресса стран — членов СЭВ до 2000 г.», в которой выделены пять приоритетных направлений сотрудничества. Одно из основных направлений — это электронизация народного хозяйства. Цели данной области сотрудничества — широкое обеспечение всех сфер производства и общественной жизни наиболее передовыми средствами вычислительной техники.

Для достижения этой цели ставятся задачи создания в первую очередь:

супер-ЭВМ нового поколения с производительностью более 10 млрд. оп/с, с использованием принципов искусственного интеллекта, совершенных средств общения с машиной для применения их в решении особо сложных научных задач, в управлении экономикой, в создании баз знаний;

массовых средств вычислительной техники, персональных ЭВМ с развитым программным обеспечением для широкого насыщения отраслей народного хозяйства, научно-исследовательских и конструкторских организаций, компьютеризации сферы образования и применения в быту;

единой системы передачи цифровой информации, обеспечивающей резкое повышение пропускной способности и надежности системы связи и унификации применяемых технических средств [54].

В СССР были сделаны первые шаги в деле создания новых высокопроизводительных ЭВМ. Так, коллектив сотрудников Института кибернетики им. В. М. Глушкова АН УССР создал опытный образец отечественной супер-ЭВМ, в которой был реализован принцип макроконвейерной организации вычислений, выдвинутый советскими учеными еще в 70-е гг. [57].

В Москве коллективом Института точной механики и вычислительной техники им. С. А. Лебедева под руководством чл.-корр. АН СССР Г. Г. Рябова создана супер-ЭВМ нового поколения с архитектурой «Эльбрус» производительностью 125 млн. оп/с. Новая вычислительная система «Эльбрус-2» превосходит прежнюю модель по производительности на два порядка. К концу XII пятилетки коллективом института запланирована разработка супер-ЭВМ производительностью свыше 1 млрд. оп/с, а в следующей пятилетке намечено создание суперкомпьютера производительностью более 10 млрд. оп/с. [55, 56].

И еще один коллектив в ВЦ СО АН СССР под руководством доктора технических наук В. Е. Котова проводит работы по созданию компьютеров пятого поколения. Надо отметить, что идеи их суперкомпьютера «Марс» (аббревиатура слов «мультипроцессорная асинхронная развиваемая структура») были высказаны

новосибирскими учеными еще в 60-е гг. Однако в то время уровень элементной базы не позволил довести эти идеи до практической реализации. В настоящее время на основе микропроцессоров «Кронос» производительностью 2 млн. оп/с разрабатывается макет системы «Марс», который будет включать около сотни «Кроносов» и две мощные специализированные ЭВМ [59].

В своем выступлении на XX съезде ВЛКСМ Генеральный секретарь ЦК КПСС М. С. Горбачев тепло отозвался об успешной работе по созданию отечественных супер-ЭВМ молодежными коллективами Москвы и Новосибирска.

Литература

1. Документы и материалы XX съезда ВЛКСМ. — М.: Молодая гвардия, 1987.

2. Erskine G. A. The history of the computer CERN Sci Rept. — 1976, — № 24, pp. 261—278.

3. Гутер Р. С., Полунов Ю. Л. Августа Ада Лавлейс и возникновение программирования. Кибернетика и логика. — М.: Наука, 1978. — С. 57—101.

4. Митник Ю. Ш., Хмельницкий А. С. Основы программирования и эксплуатации ЭВМ. — М.: Машиностроение, 1974.

5. Ludgate P. E. On a proposed analytical machine. Sci. Proc. roy. Dublin Soc. 12, 1909, no. 9, pp. 77—91.

6. Zuse K. Verfahren zur selbstätigen Durchführung von Rechnungen mit Hilfe von Rechenmaschinen. German ratent application Z23624 (11 Apr. 1936).

7. Zuse K. The Plankalkül. «Ber. Ges. Math. und Datenverarb», 1976.

8. Апокин И. А., Белый Ю. А., Майстров Л. Е. Вычислительная машина Дж. В. Атанасова: Историко-математические исследования. — Т. XXIII— С. 168—180.

9. Burks A. W., Goldstine H. H., Neu-

man I. Preliminary discussion of the logical design of an electronic computing instrument. // Priceton. — № 4. — 1946.

10. К 25-летию создания первой отечественной ЭВМ // УСИМ. — № 6. — 1976. — С. 3—6.

11. Серрелл Р., Астрахан М. М., Паттерсон Г. В., Пике И. Б. Развитие вычислительных машин и систем. // ТИРИ, — 1962, — № 5, — С. 1077—1098.

12. Электроника: прошлое, настоящее и будущее / Пер. с англ. — М.: Мир, 1980.

13. Майерс Г. Архитектура современных ЭВМ: — В 2-х кн., — Кн. 1 / Пер. с англ. — М.: Мир, 1985.

14. Королев Л. Н. Развитие ЭВМ и их математического обеспечения. — М.: Знание, 1984.

15. Белынский В. В. Малогабаритная электронная вычислительная машина М-3. — М.: Изд-во АН СССР, 1957.

16. Лоскутов В. И. Вычислительные центры. — М.: Статистика, 1965.

17. Ричардс Р. К. Элементы и схемы цифровых вычислительных машин / Пер. с англ. — М.: ИЛ, 1961.

18. Апокин И. А., Майстров Л. Е. Развитие вычислительных машин. — М.: Наука, 1974.

19. Королев Л. Н. Структура ЭВМ и их математическое обеспечение. Главная редакция физико-математической литературы. — М.: Наука, 1978.

20. Мультипроцессорные системы и параллельные вычисления / Под ред. Ф. Г. Энслоу / Пер. с англ. — М.: Мир, 1976. — 384 с.

21. Раковский М. Е. Развитие вычислительной техники в странах социалистического содружества. Вычислительная техника социалистических стран / Сб. статей. — Вып. 1 — М.: Статистика, 1977.

22. Ершов А. П., Шура-Бура М. Р. Становление программирования в СССР. Препринт 12, 13. АН СССР, Сибирское отделение. — Новосибирск, 1976.

23. Ларионов А. М. Основные концепции развития ЕС ЭВМ. Вычислительная техника социалисти-

ческих стран / Сб. статей. — Вып. 1. — М.: Статистика, 1977.

24. Пржиялковский В. В. Некоторые итоги создания ЕС ЭВМ и перспективы ее дальнейшего развития. Вычислительная техника социалистических стран / Сб. статей. — Вып. 6. — М.: Статистика, 1979.

25. Архитектура ЭВМ / Сб. статей. — М.: Знание, 1980.

26. Балашов Е. П., Частиков А. П. Эволюция вычислительных систем. — М.: Знание, 1981.

27. Лебедев С. А. Электронные вычислительные машины / В кн.: Сессия АН СССР по научным проблемам автоматизации производства. Пленарные заседания. — Т. I. — М.: АН СССР, 1957. — С. 162—180.

28. Евреинов Э. В., Косарев Ю. Г. О возможности построения вычислительных систем высокой производительности. — Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1962.

29. Евреинов Э. В., Лопато Г. П. Универсальная вычислительная система «Минск-222» / В кн.: Вычислительные системы. — Вып. 23. — Новосибирск, 1966.

30. Anderson J. P., Hoffman S. A., Shifman J., Williams R. J. D-825-a muliale computers System for command and control — AFIRS Coul. Proc., 1962, FJCC, v. 22, pp. 86—96.

31. Бурцев В. С. Перспективы создания ЭВМ высокой производительности // Вестник АН СССР. — 1975. — № 3. — С. 25—31.

32. Slotnick D. L. e. a. The SOLOMON Computer — «Proc. EJ. CC, 1962, pp. 97—107.

33. Карцев М. А. Вычислительная машина М-10. Доклады АН СССР. — Т. 245. — № 2. — С. 309—312.

34. Прангишвили И. В., Виленкин С. Я., Медведев И. Л. Параллельные вычислительные системы с общим управлением. — М.: Энергоатомиздат, 1983.

35. Ермолаев Б. М. Перспективы развития ЕС ЭВМ. Всесоюзная конференция. ЕС ЭВМ-85. — Кишинев, 1985.

36. Мельников В. А., Дадаев Ю. Г. Высокопроизводительные ЭВМ // Техника и наука. — 1985. — № 12.

37. Мини-ЭВМ / Сб. статей. — М.: Мир, 1975.

38. Мини-ЭВМ в действии // Электроника. — 1973. — № 7.

39. Брусенцов Н. П. Мини-компьютеры. — М.: Наука, 1979.

40. Брусенцов Н. П. и др. Малая цифровая вычислительная машина «Сетунь». — М.: Изд-во МГУ, 1965.

41. Наумов Б. Н. Этапы развития системы малых электронных вычислительных машин. Вычислительная техника социалистических стран. — М.: Статистика, 1980. — Вып. 8.

42. Наумов Б. Н. Микро- и мини-ЭВМ: Настоящее и будущее. — М.: Знание, 1983.

43. Прохоров Н. Л., Смирнов Е. Б. СМ ЭВМ. Состояние и перспективы развития // Приборы и системы управления. — 1986. — № 2.

44. Балашов Е. А., Частиков А. П. Малые вычислительные машины. — М.: Знание, 1983.

45. Балашов Е. П. Состояние и тенденции развития микропроцессорных систем / Сб. статей. — Л.; ЛДНТП, 1981.

46. Заморин А. П., Мячев А. А., Селиванов Ю. П. Вычислительные машины, системы, комплексы. — М.: Энергоатомиздат, 1985.

47. Смолов В. Б. Перспективы развития элементной базы микропроцессорных комплексов БИС. Применение микропроцессорных комплектов БИС при разработке РЭА / Сб. статей. — Л.: ЛДНТП, 1983.

48. Жимерин Д. Микроэлектроника и сотрудничество стран СЭВ // Известия. — № 224. — 1982. — 12 августа.

49. Персональные компьютеры и их использование в непромышленной сфере. Обзорная информация. ЦНИИТЭИ приборостроения. — М., 1985.

50. Прангишвили И. В. Микропроцессоры и локальные сети микро-ЭВМ в распределенных системах управления. — М.: Энергоатомиздат, 1985.

51. Головкин Б. А. Параллельные вычислительные системы. — М.: Наука; Главная редакция физико-математической литературы, 1980.

52. Радиоэлектроника. Обзор, НИИЭИР, 1984, тетр. 1.

53. Электроника. — 1983. — Т. 56. — № 11.

54. Комплексная программа научно-технического прогресса стран-членов СЭВ до 2000 г. (Основные положения). — М.: Экономика, 1986.

55. Известия. — 1985. — 3 января.

56. Известия. — 1986. — 22 апреля.

57. Гусев О. Электронный богатырь // Правда. — 1985. — 22 февраля.

58. Апокин И. А., Майстров Л. Е., Эдлин И. С. Чарльз Бэббидж. — М.: Наука, 1981.

59. Техника — молодежи // 1987, № 5.

60. Randell B. Colossus: Godfather of the. Computer. The origins of Digital Computers Select. Pap. 3 ed. Berlin e. a. Springer, 1982.

ДВК «Электроника»

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

АДРЕС — машинное слово, используемое для указания определенного места области памяти (или номера ячейки), в которой находится элемент данных.

АККУМУЛЯТОР — узел арифметического устройства, сохраняющий результаты предыдущих операций для использования их в последующих.

АЛГОРИТМ — набор предписаний, однозначно определяющих содержание и последовательность выполнения операций для систематического решения задачи.

БУФЕР — память, предназначенная для временного хранения информации, передаваемой между асинхронно работающими устройствами.

БУФЕР ВВОДА-ВЫВОДА — промежуточное ЗУ, используемое для накопления входных и выходных данных с целью согласования скорости работы или форматов сообщений между УВВ и оперативной памятью.

ВИРТУАЛЬНАЯ ПАМЯТЬ — воображаемая память, выделяемая операционной системой. Фактически поля этой памяти размещены в каждый данный момент в непосредственно адресуемой основной памяти и внешней памяти с прямым доступом.

ИНТЕРАКТИВНЫЙ (ДИАЛОГОВЫЙ) РЕЖИМ — режим взаимодействия пользователя с вычислительной машиной, при котором каждый запрос с оконечного устройства вызывает ответное действие вычислительной машины.

ИНТЕРФЕЙС — средство сопряжения устройств, отличающихся унификацией способов и средств фактического соединения и процедур установления связи, обмена и завершения передачи. Другими словами, совокупность технических средств и правил для взаимодействия устройств вычислительной техники.

КАНАЛ ВВОДА-ВЫВОДА — устройство, осуществляющее функции обмена данными между оперативной памятью и средствами ввода-вывода.

КОМПИЛЯТОР — обслуживающая программа, выполняющая перевод на машинный язык программы, записанной на исходном языке программирования.

КОНТРОЛЬ НА ЧЕТНОСТЬ — метод контроля данных, при котором сумма по модулю 2 двоичных единиц в машинном слове, включая контрольный разряд, должна быть всегда четной или нечетной.

КОСВЕННАЯ АДРЕСАЦИЯ — способ адресации, при котором в команде содержится адрес ячейки, где можно найти адрес операнда.

МАССИВ — многомерная структура данных, в которой элементы упорядочены таким образом, что их описание (набор индексов) однозначно определяет положение каждого элемента или путь доступа к нему.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ — совокупность программных средств, обеспечивающих эффективное функционирование ЭВМ и определенный сервис при постановке и решении пакета задач или коллективном обслуживании пользователей.

МАШИННОЕ СЛОВО — последовательность битов или знаков, трактуемая в процессе обмена или обработки как единый элемент данных.

МИКРОПРОГРАММИРОВАНИЕ — представление машинных команд в виде набора микрокоманд, т. е. реализуемых аппаратно элементарных машинных операций.

МИКРОПРОЦЕССОР — устройство для обработки данных, выполненное на одной или нескольких БИС.

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ КОМПЛЕКТ — набор БИС, обеспечивающий построение микропроцессора.

МИКРО-ЭВМ — вычислительная машина на базе микропроцессора и устройства памяти.

МИНИ-ЭВМ — малая вычислительная машина, имеющая широкое применение благодаря малым габаритам и низкой стоимости. Длина слова в такой ЭВМ также мала и составляет от 8 до 18 разрядов.

МНОГОПРОЦЕССОРНЫЕ ВМ — системы, имеющие общую (единую) память и содержащие несколько взаимосвязанных процессоров, управляемых единой ОС или обслуживающих единый поток заданий.

МУЛЬТИПЛЕКСНЫЙ КАНАЛ — канал, допускающий одновременную передачу данных, для большого числа устройств ввода-вывода.

МУЛЬТИПРОГРАММИРОВАНИЕ — способ программирования работы больших ЭВМ, при котором допускается одновременное выполнение двух или более программ.

ОДНОРОДНАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАШИНА — состоит из одинаковых (однородных) элементов.

ОПЕРАТИВНАЯ ПАМЯТЬ — ЗУ с прямой адресацией, отличающееся быстротой доступа. Из оперативного ЗУ могут непосредственно вызываться в процессор подлежащие выполнению инструкции и операнды.

ОПЕРАНД — элемент данных, над которым выполняется операция.

ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА — комплекс управляющих обслуживающих программ, обеспечивающих максимальную эффективность системы за счет автоматического управления вычислительными процессами и ресурсами системы при решении потока задач.

ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ АДРЕС — адрес, значение которого определено по отношению к некоторому базовому адресу таким образом, что действительный адрес элемента программы может быть получен суммированием базового и относительного адреса.

ПАКЕТ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ — комплекс программ, работающих под управлением программы-монитора и предназначенных для решения определенного класса задач, как правило, близких друг другу по содержанию или по применяемым математическим методам.

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА — одновременное выполнение двух и более программ обработки данных, как правило, на ЭВМ, имеющей несколько процессоров.

ПЕРИФЕРИЙНЫЕ УСТРОЙСТВА — выполняют внешние функции машинной обработки информации — подготовку ее к виду или форме, удобной для ввода в ЭВМ или вывода из машины, хранение информации и др.

ПЕРСОНАЛЬНАЯ ЭВМ — относительно недорогая микроЭВМ, предназначенная для личного пользования.

ПЛАВАЮЩАЯ ЗАПЯТАЯ (или точка) — один из способов представления дробных чисел в разрядной сетке машины.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ ВЫБОРКА — способ доступа к данным, при котором поиск элемента в массиве данных осуществляется последовательным просмотром всех предыдущих элементов данных.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ ДОСТУП — метод доступа с очередями, обеспечивающий поиск и запись данных. При этом организация очередей входных и выходных блоков и синхронизация выполнения рабочей программы с операциями ввода-вывода осуществляется автоматически.

ПОТОЧНАЯ ОБРАБОТКА — обработка данных в темпе их поступления в вычислительную машину без предварительного их редактирования и сортировки.

ПРОГРАММНОЕ ПРЕРЫВАНИЕ — прекращение выполнения текущей программы при наступлении событий, нарушающих нормальную работу (например, переполнение результата, нарушение защиты, некорректности данных и др.). Состояние вычислительной машины в момент прерывания запоминается.

ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ — система автоматического управления, обеспечивающая прохождение объектом

управления определенной последовательности состояний в соответствии с заданной программой.

ПРОИЗВОЛЬНЫЙ ДОСТУП — (прямой доступ) — способ обращения к данным, при котором возможен доступ непосредственно к любому из элементов данных, хранящихся в памяти.

ПРОЦЕССОР — устройство ЭВМ, осуществляющее запрограммированную обработку данных, включая их ввод, преобразование и вывод.

ПРЯМАЯ АДРЕСАЦИЯ — система адресации, при которой адресная часть инструкции содержит символы, непосредственно определяющие ячейку памяти или место на носителе, содержащие требуемый операнд.

РЕАЛЬНЫЙ МАСШТАБ ВРЕМЕНИ — режим работы ЭВМ, обеспечивающий немедленную реакцию на запросы внешних устройств и обработку информации.

РЕГИСТР ИНДЕКСНЫЙ — общий или специальный регистр, используемый для хранения индекса и выполнения индексации.

РЕГИСТР — накопитель на переключающих элементах, емкость которого обычно равна одному машинному слову. Регистр предназначен для оперативного хранения информационного или управляющего слова.

РЕГИСТР ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ — программно-доступный рабочий регистр процессора, который может быть использован программой как для оперативного сохранения операнда, так и для сохранения базового адреса, счетчика, модификатора и других элементов программы.

РЕЖИМ РАЗДЕЛЕНИЯ — режим, при котором ОЗУ, устройство управления, внешняя память, УВВ разделяются между несколькими ЦП, работающими независимо.

РЕЖИМ РАЗДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ — режим работы, при котором доступ к ЦП нескольких независимых пользователей выделяется последовательно или циклически на короткий промежуток времени. Из-за малого времени, предоставляемого каждому пользователю, обработка всех задач происходит практически одновременно.

РЕЗИДЕНТНЫЙ КОМПИЛЯТОР — программа-компилятор, постоянно находящаяся в ОП и повторно используемая несколькими задачами.

СОРТИРОВОЧНАЯ МАШИНА — счетно-перфорационная машина для контроля и упорядочения массивов перфокарт по определенным признакам. Производит раскладку, сравнение, подбор, сортировку перфокарт.

СТЕК — структура данных или устройство памяти, организованное таким образом, что очередное обращение

в целях записи или выборки всегда осуществляется в начало (вершину) стека.

ТАБУЛЯТОР — устройство (например, счетно-перфорационное) для ввода данных с клавиатуры или с внешних носителей, их переработки и выдачи результатов в виде таблиц или списков.

ТАЙМЕР — обычно счетчик, содержимое которого изменяется с наступлением сигнала времени. Применяется для синхронизации работы устройств системы.

ТРАНСЛЯТОР — обслуживающая программа, преобразующая предложения входного языка программирования в эквивалентную последовательность машинных команд или перевод с одного языка на другой.

УСЛОВНЫЙ ПЕРЕХОД — изменение последовательности выполнения команд в программе (ветвление программы) в зависимости от результата проверки некоторых логических условий.

УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ — устройство, осуществляющее управление одним или группой устройств (например, управление ЗУ на магнитной ленте).

ФАЙЛ — последовательность записей, размещаемая на внешних ЗУ и рассматриваемая в процессе пересылки и обработки как единое целое.

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПРОЦЕССОР — центральное устройство ЭВМ или вычислительной системы, включающее устройство управления и арифметическое устройство. Осуществляет наряду с обработкой данных управление другими устройствами ЭВМ или системы.

ЯЗЫК ПРОГРАММИРОВАНИЯ ВЫСОКОГО УРОВНЯ — язык программирования, средства которого допускают описания проблемы в наглядном легковоспринимаемом виде.

ТЕМА *следующего выпуска*

КОМПЬЮТЕР И ШКОЛА

Частиков А. П.

Ч 24 От калькулятора до супер-ЭВМ. — М.: Знание, 1988. — С. 96 — (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Вычислительная техника и ее применение»; № 1).

15 к.

В брошюре раскрывается история компьютера в хронологической последовательности важнейших событий, что постепенно подводит читателя к естественному выводу: в информационном обществе будущего главная роль отводится компьютерным системам. Помимо основных исторических фактов разработки ЭВМ, рассказано и о влиянии компьютерной революции на развитие общества

Рассчитано на широкий круг читателей.

2404000000 **ББК 32.97**

Научно-популярное издание

Аркадий Петрович ЧАСТИКОВ

ОТ КАЛЬКУЛЯТОРА ДО СУПЕР-ЭВМ

Гл. отраслевой редактор Л. А. Ерлыкин
Редактор Б. М. Васильев
Мл. редактор Н. А. Васильева
Художник В. Н. Конюхов
Худож. редактор П. Л. Храмцов
Техн. редактор Л. М. Красавина
Корректор О. А. Лагуненко
ИБ № 9447

Сдано в набор 25.09.87. Подписано к печати 24.11 87. Т-21914. Формат бумаги 70×100$^{1}/_{32}$. Бумага кн.-журнальная. Гарнитура журнально-рубленая. Печать офсетная. Усл. печ л. 3,90. Усл кр.-отт 8,12. Уч.-изд л. 4,55. Тираж 62 481 экз. Заказ 1464. Цена 15 коп. Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 884701. Ордена Трудового Красного Знамени Калининский полиграфический комбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 170024, г Калинин, пр. Ленина, 5.

Цена 15 коп.

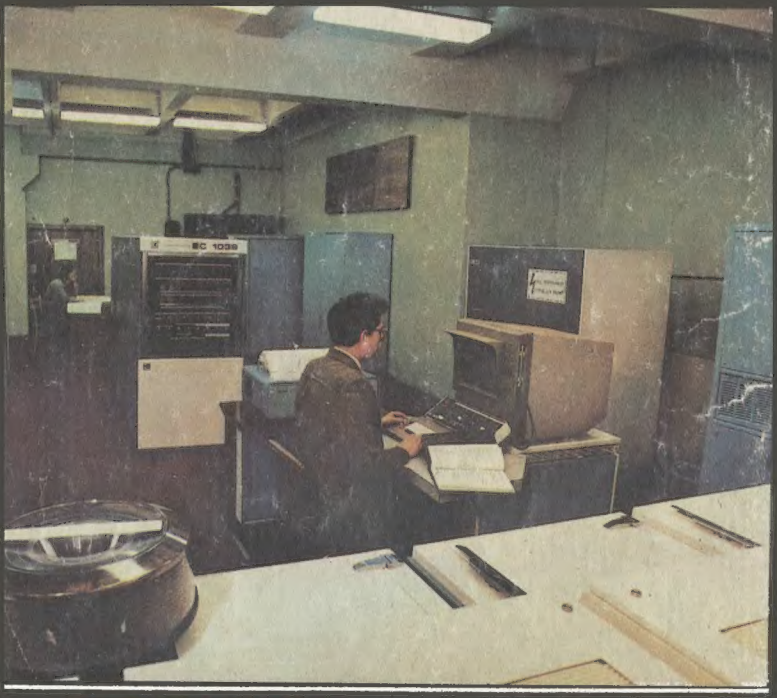
Индекс 70195

. . . это недостойно совершенства человеческого, подобно рабам, тратить часы на вычисления.

Г.В. Лейбниц

Путь в прошлое так же беспределен, как и в будущее. И всегда, изучая этот путь, ученый должен будет прислушиваться к бегу времени.

Б.А. Рыбаков



ЗНАНИЕ